Através deste livro, e com a ajuda do seu micro-computador, terá o leitor a possibilidade de esclarecer muitas dúvidas, adquirindo os conhecimentos básicos indispensáveis à compreensão dos fenómenos eléctricos. Além das regras teóricas, expostas de uma forma bastante acessível, o leitor tem à sua disposição uma série de programas em BASIC especialmente concebidos para «simularem» certas experiências e permitirem a apreensão do modo de funcionamento dos circuitos eléctricos.

EDITORIAL PRESENÇA

# APRENDA ELECTRICIDADE COM O SEU COMPUTADOR

Programas auxiliares de estudo para:

— ZX SPECTRUM (16 OU 48 K)
— SPECTRUM PLUS
— SINCLAIR 128 K
— TIMEX 2048 — 2068

FICHA TÉCNICA

Título: *Aprenda Electricidade com o seu Computador*
Autor: *Renato Prista Casquilho*

Capa: *Rogério Silva*
*Ilustrações: Do autor*
Fotocomposição, Impressão e acabamento: *Tipografia Guerra, Viseu*
Tiragem: 3000 exemplares
1.ª edição, Lisboa, 1988
Depósito legal n.º 16953



## APRESENTAÇÃO

*A ELECTRICIDADE é, indubitavelmente, uma vasta e complexa ciência que abrange campos tão comezinhos como a iluminação, o aquecimento e outros, bem mais transcendentes, como a electrónica e a computorização.*

*Qualquer das suas múltiplas aplicações obedece a regras básicas comuns, bem definidas e facilmente apreensíveis. Será um erro pensar que a ELECTRICIDADE é uma matéria obscura, só acessível a mentes excepcionais ou àqueles que tiveram a oportunidade de frequentar cursos superiores.*

*A compreensão da maioria dos fenómenos eléctricos e das leis que os regem é um imperativo a que o homem moderno não pode furtar-se, sob pena de se ver relegado para o, ainda tão vasto, campo dos «ultrapassados». O estimado leitor já se deu conta da tristeza e frustração que acompanham o simples facto de acender uma lâmpada, ver tudo iluminado à sua volta e não fazer a mínima ideia do que, realmente, se passou?*

*Mas deixemo-nos de tristezas e voltemo-nos para os objectivos deste livro.*

*Sabemos que possui (ou vai possuir) um ZX SPECTRUM ou um dos seus derivados mais evoluídos e que se interessa pela ELECTRICIDADE, caso contrário não estaria, agora, na nossa companhia. Possui, portanto, as condições necessárias para a assimilação dos conceitos básicos da ELECTRICIDADE, que o conduzirão à compreensão dos misteriosos fenómenos que, diariamente, se lhe deparam.*

*Temos por convicção que o estudo da ELECTRICIDADE deve ser acompanhado por experiências que demonstrem, na prática, os conceitos e as leis facultados pela teoria. Trata-se de um elementar princípio pedagógico, mas que, infelizmente, nem sempre está ao alcance do autodidacta.*

*A presente obra não pretende substituir-se ao habilitado professor, nem ao bem apetrechado laboratório de física. Mas pensamos que a utilização de um microcomputador pode constituir um precioso auxiliar didáctico, tornando o estudo mais acessível e atraente para os «jovens» de qualquer idade.*

*Neste sentido, concebemos uma série de pequenos programas em BASIC, desde já convidando o leitor as estudá-los e introduzi-los no seu computador, como complemento da teoria que iremos desenvolvendo ao longo do livro.*

*Se seguir atentamente o método que lhe propomos, verá, o leitor, compensados o seu esforço e investimento.*

*Lisboa, Agosto de 1987*



## CAPÍTULO I

### 1 — A electricidade

O termo ELECTRICIDADE é algo vago. É vulgarmente utilizado para designar o misterioso e invisível poder que faz funcionar toda a aparelhagem e maquinaria, da qual depende a sociedade moderna.

Procuraremos encontrar uma definição, tão correcta quanto possível, capaz de constituir o ponto de partida do nosso estudo.

— ELECTRICIDADE É UMA FORMA DE ENERGIA: Com efeito, pode considerar-se a energia eléctrica como a mais versátil das energias de que o homem dispõe, sendo capaz de se transformar, com grande facilidade, noutras formas de energia, como sejam, *luz, calor, som, movimento, etc.*

Mas será a única definição possível? — Pensamos que não e propomos uma outra:

— ELECTRICIDADE É A CIÊNCIA QUE ESTUDA OS FENÓMENOS ELÉCTRICOS: De facto, o estudo dos fenómenos eléctricos é uma CIÊNCIA e a essa ciência dá-se o nome de ELECTRICIDADE.

Embora o tema seja passível de maior desenvolvimento, julgamos que o leitor já estará suficientemente elucidado sobre o

significado do termo e apercebemo-nos de que, no seu espírito, bailam já algumas pertinentes questões:

— Será, então, correcto dizer que um determinado aparelho *funciona a electricidade?*
— ou que a *electricidade passa nos fios...?*

A ambas as questões responderemos negativamente: o que faz funcionar o seu aparelho e o que passa nos fios não será propriamente a ELECTRICIDADE mas antes *uma corrente de electrões*, ou mais vulgarmente, *corrente eléctrica.* Melhor dizendo: o que faz funcionar o seu aparelho é a *corrente eléctrica que passa através dos fios.*

## 2 — A constituição atómica da matéria

Não se alarme o leitor — da teoria da constituição atómica da matéria, falaremos, somente, dos aspectos que se nos afiguram essenciais para a compreensão dos fenómenos eléctricos e das leis a que estes obedecem.

Com efeito, será tarefa vã a explicação de conceitos tais como «corrente eléctrica», «cargas eléctricas», «diferenças de potencial», «resistência», etc., sem o prévio, se bem que breve, estudo da CONSTITUIÇÃO ATÓMICA DA MATÉRIA.

### *A matéria*

Todos os corpos são formados por «matéria», sendo esta constituída por «elementos simples», tais como o *cobre, o hidrogénio, o alumínio,* ou por «elementos compostos», tais como a *água, o ar, o óxido de cobre.*

### *Moléculas*

Imaginemos uma gota de água e façamos, mentalmente, a sua análise: vamos dividir a gota ao meio e novamente ao meio



cada metade resultante. Chegaremos a uma altura em que a próxima divisão dará origem a «algo», não possuindo, já, as propriedades da gota de água original.

Voltemos atrás e retomemos a parte que, antes de ser dividida, mantinha, ainda, as propriedades originais: esta última partícula toma o nome de MOLÉCULA DE ÁGUA. Poderemos, então, dizer, que *o composto «água» é constituído por moléculas de água.*

E que as moléculas de água, ao serem analisadas (divididas), separam-se nos «elementos simples» por que são constituídas: os ÁTOMOS DE HIDROGÉNIO E OXIGÉNIO. Podemos dizer, agora, que *uma molécula de água ($H_2O$) é formada por 2 átomos de hidrogénio e por 1 átomo de oxigénio.*

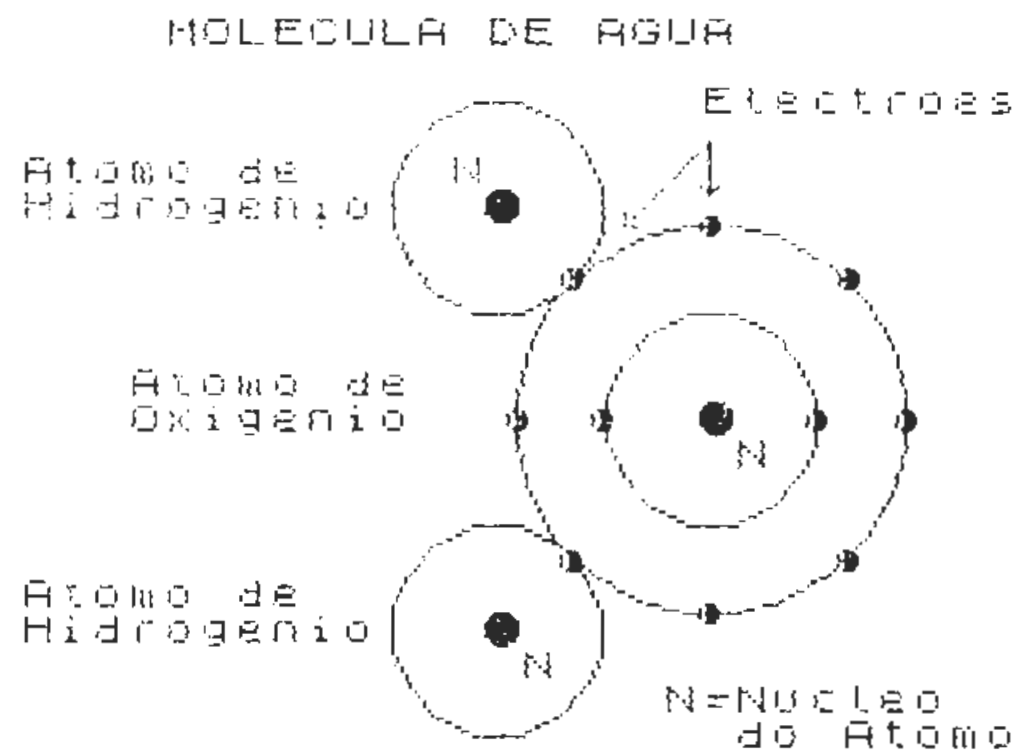



Figura 1/1

A figura 1/1 representa uma molécula de água, nela se distinguindo os 2 átomos de hidrogénio e o átomo de oxigénio. O centro do átomo é formado pelo NÚCLEO e à sua volta giram os ELECTRÕES, em órbitas concêntricas.

Esta figura foi obtida por meio do Programa P 1.1, cuja listagem é a seguinte:

PROGRAMA P 1.1

```
 500 REM MOLECULA DA AGUA PROGRAMA P 1.1
 510 PRINT AT 0,8;"MOLECULA DE AGUA"
 520 CIRCLE 186,83,44: CIRCLE 186,83,24
 530 CIRCLE 138,131,24: CIRCLE 138,35,24
 540 GO SUB 800
 550 PRINT AT 11,23;"N";AT 5,17;"N";AT 1
7,17;"N"
 560 GO SUB 900
 570 FOR f=1 TO 2: INK 2
 580 CIRCLE 143,83,f: CIRCLE 162,83,f: C
IRCLE 210,83,f
 590 CIRCLE 230,83,f: CIRCLE 155,51,f: C
IRCLE 155,115,f
 600 CIRCLE 186,127,f: CIRCLE 217,115,f:
 CIRCLE 186,39,f
 610 CIRCLE 217,51,f
 620 NEXT f: INK 0
 630 PRINT AT 4,4;"Atomo de";AT 5,4;"Hid
rogenio";AT 4,16;"N"
 640 PRINT AT 10,7;"Atomo de";AT 11,7;"O
xigenio";AT 12,24;"N"
 650 PRINT AT 16,4;"Atomo de";AT 17,4;"H
idrogenio";AT 18,18;"N"
 660 PRINT AT 2,23;"Electroes";AT 19,22;
"N=Nucleo";AT 20,24;"do Atomo"
 670 PLOT 186,146: DRAW 0,-12: PLOT 186,
146: DRAW -18,-18
 680 PLOT 186,134: DRAW 2,2: PLOT 186,13
4: DRAW -2,2
 690 PLOT 167,127: DRAW 3,0: PLOT 167,12
```



```
7: DRAW 0,3
 700 STOP
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

9000 SAVE "molecagua" LINE 9100
9010 VERIFY "molecagua": STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

Este programa, tal como todos os que constituem o «software» deste livro, utiliza um conjunto de caracteres gráficos, especialmente concebidos para o estudo da ELECTRICIDADE que se encontram instalados nos 96 caracteres normais do ZX SPECTRUM.

O conjunto de caracteres modificado está colocado no endereço 60000 e o leitor encontrará no Apêndice 1 uma tabela contendo, para cada gráfico, o carácter respectivo, o seu código e os oito números decimais correspondentes.

Cabe, agora, esclarecer que, quaisquer explicações sobre a construção dos gráficos ou relacionadas com o funcionamento dos programas, excede o âmbito desta obra. Se o leitor estiver interessado nestes temas, sugerimos-lhe a leitura das publicações dedicadas à programação avançada em BASIC.

Deste modo, as nossas indicações serão limitadas aos aspectos indispensáveis à introdução e execução dos programas.

Principiaremos por fornecer ao leitor a listagem do CARREGADOR, programa através do qual poderá introduzir os números decimais da tabela, construindo e colocando o já referido conjunto de gráficos, no endereço 60000.

CARREGADOR

```
 10 REM PROGRAMA CARREGADOR
100 CLS : POKE 23658,1: LET end=60000
```

```
 110 PRINT "Introduza os decimais": PRIN
T '
 120 FOR f=32 TO 127
 130 FOR a=0 TO 7
 140 INPUT "Decimal ";(a+1);" p/codigo "
;(f);" "; LINE d$: IF d$="" THEN  GO TO
140
 150 LET d=LEN d$: IF d<1 OR d>3 THEN  G
O TO 140
 160 LET n=VAL d$: IF n<0 OR n>255 THEN
 GO TO 140
 170 GO SUB 500
 180 POKE (end+(f-32)*8+a),n
 190 BEEP .1,30: NEXT a
 200 BEEP .2,22: NEXT f
 300 CLS : PRINT "Eis o conjunto dos gra
ficos:": GO SUB 800
 310 PRINT '': FOR f=32 TO 127
 320 PRINT CHR$ f;
 330 NEXT f: GO SUB 900
 340 PRINT '''"          GRAVAR OS 768 BYTES
"''''"Prepare o gravador com uma cas- set
te limpa"
 350 PRINT '''"          Prima qualquer tecl
a": PAUSE 0
 360 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
 370 PRINT '"Rebobine a cassette para VE
RIFY"
 380 VERIFY "electgraf"CODE : STOP
 500 PRINT n;",";
 510 IF a=7 THEN  BEEP .2,30: INPUT "Est
a correcto ? (s/n) ";c$: GO TO 530
 520 RETURN
 530 IF c$<>"s" AND c$<>"n" THEN  GO TO
510
 540 IF c$="s" THEN  CLS : RETURN
```



```
 550 LET a=0: CLS : GO TO 140
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

9000 SAVE "carregador" LINE 1
9010 VERIFY "carregador": STOP
```

O programa está preparado de maneira a que a tarefa de introdução dos decimais se torne a mais fácil e segura possível. Introduza o programa no computador e grave-o com o comando directo «GO TO 9000». Faça RUN. O ecrã apresentará uma mensagem pedindo a introdução dos decimais: o «INPUT» indica o número de ordem dos decimais a introduzir e o código do respectivo caracter.

Conforme os decimais vão dando entrada, os seus valores são impressos no ecrã, separados por vírgulas, tal como se apresentam na tabela do Apêndice 1: isto faculta, ao leitor, o autocontrolo do seu trabalho e responder «s» (para sim), ou «n» (para não), à pergunta «Está correcto? (s/n)» que lhe será feita pelo computador, no fim da entrada dos oito decimais para cada caracter.

Se, porventura, se enganar a meio da introdução, não se preocupe: meta «zeros» até ao oitavo decimal, responda «n» (não) e repita as entradas referentes ao caracter indicado no «INPUT».

*Seja paciente e procure não cometer erros, pois este conjunto de gráficos é a base do funcionamento dos programas que o vão ajudar no decorrer do estudo.*

Terminada a introdução dos 768 números decimais, o ecrã apresentar-lhe-á o conjunto dos 96 caracteres, neles incluídos os 85 caracteres gráficos e os restantes 11 que não foram modificados, bem como a mensagem destinada à gravação em cassete dos 768 bytes, colocados a partir do endereço 60000.

A «PAUSE 0» da linha 350 permite-lhe preparar uma cassete e o gravador, sem precipitações: quando tudo estiver a postos, prima uma tecla qualquer e grave; rebobine a cassete e carregue no «PLAY» do gravador — a verificação é automática (linha 380).

O leitor possui, agora, em cassete, o conjunto de gráficos intitulado «electgraf», colocado no endereço 60000, com 768 bytes de comprimento.

Regressemos ao Programa 1.1, destinado a mostrar a representação da molécula de água. Introduza o programa no computador. Prepare a cassete onde gravou o «electgraf» e, por comando directo, carregue os bytes com «GO TO 9100»: o programa arrancará, mostrando, no ecrã, a imagem da figura 1/1.

Grave o programa em conjunto com o CODE «electgraf», com o comando directo «GO TO 9000»: quando quiser carregar o programa no computador, faça LOAD «molecagua» e este carregará os gráficos e arrancará automaticamente.

## *Átomos*

Como vimos, a molécula de água é constituída pelos átomos dos elementos simples que entram na sua composição: o hidrogénio e o oxigénio. Vejamos, agora, a constituição dos átomos:

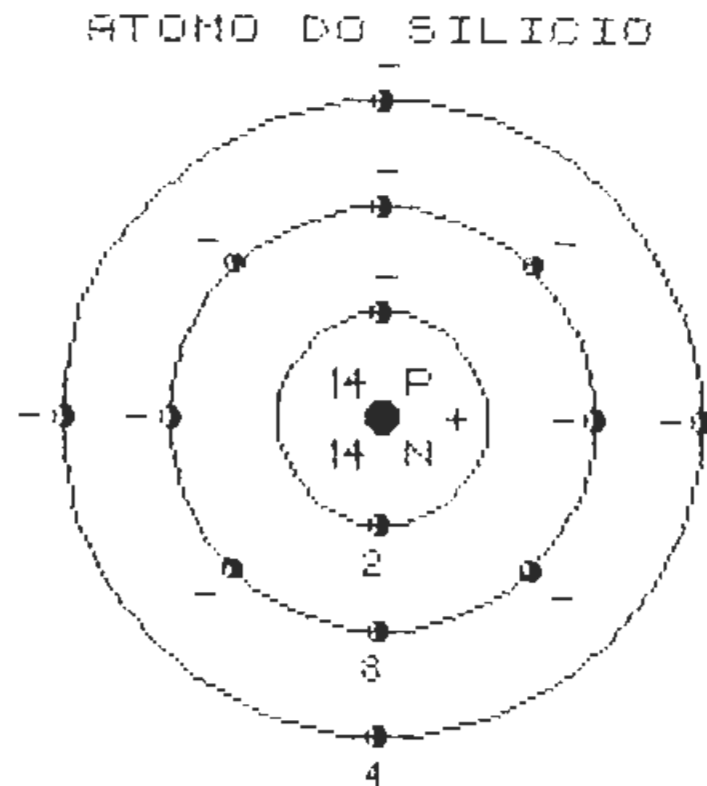



Figura 2/1



A parte central do átomo é constituída pelo NÚCLEO, o qual contém as partículas subatómicas denominadas PROTÕES E NEUTRÕES. À volta do núcleo giram, em órbitas concêntricas, os ELECTRÕES.

A figura 2/1 representa o átomo do silício (elemento com grande aplicação no fabrico de rectificadores), cujo núcleo contém 14 protões e 14 neutrões e à volta do qual orbitam 14 electrões, dispostos em 3 camadas: a primeira, junto ao núcleo, possui 2 electrões; a segunda 8 e a terceira, ou «órbita exterior», possui 4 electrões.

Elementos diferentes possuem átomos diferentes, os quais se distinguem pelo número de protões e electrões. Os protões são as *cargas positivas do átomo* e o seu número determina o «peso atómico» do elemento. Os electrões são as *cargas negativas do átomo*, girando à volta do núcleo, em órbitas, cujo número pode ir até sete.

## *Carga eléctrica do átomo*

No estado natural, ou de repouso, os átomos possuem igual número de protões e electrões, logo, o mesmo número de cargas positivas e negativas. Os átomos nestas condições dizem-se *equilibrados ou electricamente neutros.*

Por efeito de acções externas, é possível retirar ou introduzir electrões, na órbita exterior dos átomos de certos elementos. Se retirarmos electrões, o número de cargas negativas diminui, o átomo perde o seu equilíbrio e fica com *carga eléctrica positiva.*

Inversamente, se introduzirmos electrões na sua órbita exterior, o número de cargas negativas aumenta e o átomo fica com *carga eléctrica negativa.*

Podemos, então, concluir, que *os átomos podem ter cargas eléctricas positivas ou negativas, consoante ganham ou perdem electrões.*

## *Electrões livres*

Os electrões de um átomo neutro, ou em equilíbrio, possuem um certo grau de energia, sendo esta proporcional à distância a

que estes se encontram do núcleo. Por outras palavras, os electrões das *órbitas mais afastadas possuem mais energia do que os que orbitam próximo do núcleo.*

A energia dos electrões pode ser activada pela acção de outras energias externas, tais como o «calor», a «luz» ou a «energia eléctrica». Tal acção, nos átomos de certos elementos, pode dar origem a uma deslocação de electrões, de órbitas interiores, para órbitas mais afastadas do núcleo: estes electrões ganham energia e o átomo fica numa situação de instabilidade.

Se a energia aplicada ao átomo atingir determinado valor, os electrões da órbita exterior criam, por sua vez, energia suficiente para se libertarem da atracção do núcleo e abandonarem o átomo: estes são os chamados *electrões livres.*

Como veremos oportunamente, são os electrões livres que permitem o estabelecimento da corrente eléctrica nos condutores.

### *Movimento dos electrões*

Os átomos dos elementos sólidos encontram-se agrupados sob formas características, constituindo «cristais»; entre os cristais existem espaços livres, em maior ou menor quantidade, consoante a estrutura cristalina do elemento.

Imaginemos o cristal «A», cujos átomos se encontram na condição de instabilidade, em consequência da constante «permuta» de electrões: *a carga eléctrica deste cristal é negativa, pela presença de 15 electrões livres* (ver Fig. 3/1).

MOVIMENTO DOS ELECTROES

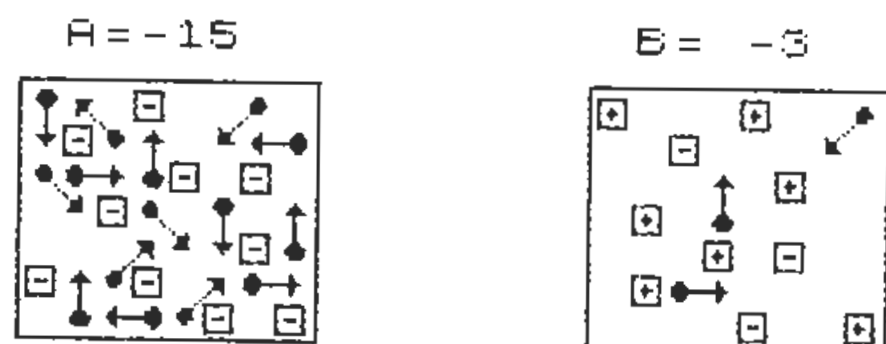



Figura 3/1



O cristal «B», do mesmo elemento, possui, igualmente, carga eléctrica negativa, *mas de valor inferior, visto só ter 3 electrões livres.* Estamos, deste modo, em presença de duas cargas eléctricas do mesmo sinal (–), mas com valores diferentes.

Podemos, então, dizer, *que o cristal «A» tem mais 12 unidades negativas do que o cristal «B».*

Se ligarmos os dois cristais por um elemento condutor, haverá um «movimento» de electrões do cristal «A» para o cristal «B», o qual terminará, logo que *as cargas eléctricas estejam equilibradas,* isto é, quando o cristal «B» «captar» 6 electrões ao cristal «A».

Este movimento ou «fluxo de electrões» constitui uma *transferência de cargas.* A simulação deste fenómeno pode ser visualizada por meio do Programa P 2.1, cuja listagem se segue:

PROGRAMA P 2.1

```
   1 REM MOVIMENTO DOS ELECTROES      PR
OGRAMA P 2.2
  50 PLOT 30,54: DRAW 67,0: DRAW 0,59:
DRAW -67,0: DRAW 0,-59
  60 PLOT 158,54: DRAW 67,0: DRAW 0,59:
 DRAW -67,0: DRAW 0,-59
  70 GO SUB 800
  80 RESTORE 1000: DIM x(10): DIM y(10)
: FOR f=1 TO 10: READ x(f),y(f): NEXT f
  90 FOR f=1 TO 10: PRINT AT x(f),y(f);
"&": NEXT f
 100 RESTORE 2000: DIM x(7): DIM y(7):
FOR f=1 TO 7: READ x(f),y(f): NEXT f
 110 FOR f=1 TO 7: PRINT AT x(f),y(f);"
!": NEXT f: PRINT AT 9,22;"&";AT 12,25;
"&
";AT 14,24;"&"
```

```
 120 PRINT AT 8,4;"U";AT 9,4;"V";AT 10,
4;"_";AT 11,5;"©";AT 13,5;"[";AT 14,5;
"\"
 130 PRINT AT 8,5;"]";AT 9,6;"^";AT 10,
5;"QR";AT 14,6;"ST"
 140 PRINT AT 13,6;"Z";AT 12,7;"Y";AT 1
1,7;"_";AT 12,8;"©";AT 10,7;"\";AT 9,7
;"[
"
 150 PRINT AT 14,8;"Z";AT 13,9;"Y";AT 1
2,9;"V";AT 11,9;"U";AT 9,9;"W";AT 8,10;
"X
"
 160 PRINT AT 13,10;"QR";AT 12,11;"\";A
T 11,11;"[";AT 9,10;"ST"
 170 PRINT AT 13,22;"QR";AT 11,23;"\";A
T 10,23;"[";AT 9,26;"W";AT 8,27;"X"
 180 GO SUB 900
 190 PRINT AT 6,5;"A=-15";AT 6,21;"B= -
3";AT 0,4;"MOVIMENTO DOS ELECTROES"
 200 PRINT AT 18,0;"Prima qualquer tecl
a  para esta-belecer a ligacao entre os
 c
ris-tais e iniciar  a  transferenciadas
 cargas electricas.": PAUSE 0
 210 PLOT 97,79: DRAW 60,0: PLOT 97,88:
 DRAW 60,0
 220 GO SUB 800
 230 RESTORE 3000: DIM x(24): DIM y(24)
: FOR f=1 TO 24: READ x(f),y(f): NEXT f
 240 LET a=1: LET b=2
 245 LET aa=-15: LET bb=-3
 250 GO SUB 550
 260 PRINT AT x(a),y(a);"[";AT x(b),y(b
);"\";AT 8,20;"&": GO SUB 500: PAUSE 10
 270 GO SUB 550
```



```
 280 PRINT AT x(a),y(a);"Q";AT x(b),y(b
);"R";AT 8,24;"&": GO SUB 500: PAUSE 10
 290 GO SUB 550
 300 PRINT AT x(a),y(a);"Y";AT x(b),y(b
);"Z";AT 12,23;"&": GO SUB 500: PAUSE 1
0
 310 GO SUB 550
 320 PRINT AT x(a),y(a);"[";AT x(b),y(b
);"\";AT 14,27;"&": GO SUB 500: PAUSE 1
0
 330 GO SUB 550
 340 PRINT AT x(a),y(a);"_";AT x(b),y(b
);"©";AT 11,21;"&": GO SUB 500: PAUSE
10
 350 GO SUB 550
 360 PRINT AT x(a),y(a);"]";AT x(b),y(b
);"^";AT 13,21;"&";AT 10,25;"&"
 370 GO SUB 500: GO SUB 900
 380 FOR f=18 TO 21: PRINT AT f,0;"
                                ": NEXT f
 390 PRINT AT 17,0;"CRISTAIS ~A~ E ~B~
 EQUILIBRADOS"
 400 PRINT ''"Para repetir prima ENTER"
'"Para terminar prima ~0~"
 410 LET cd=CODE INKEY$: IF cd<>13 AND
cd<>48 THEN  GO TO 410
 420 IF cd=13 THEN  RUN
 430 STOP
 500>LET a=a+2:LET b=b+2:GO SUB 900:PRI
NT AT 6,7;"   ";AT 6,7;aa;AT 6,23;"   "
;A
T 6,23;bb:GO SUB 800:RETURN
 550 GO SUB 600: PAUSE 20: GO SUB 700:
PAUSE 20: LET aa=aa+1: LET bb=bb-1: RET
UR
N
```

```
 600 PRINT AT x(a),y(a);" ";AT x(b),y(b
);" ": LET a=a+2: LET b=b+2: RETURN
 700 FOR g=12 TO 19: PRINT AT 11,g;"QR"
;AT 11,g-1;" ": BEEP .05,f: NEXT g: PRI
NT
 AT 11,g-1;"  ": RETURN
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RET
URN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETUR
N
1000 DATA 8,7,9,5,10,8,10,10,11,6,12,10
,13,4,13,7,14,9,14,11
2000 DATA 8,20,8,24,10,25,11,21,12,23,1
3,21,14,27
3000 DATA 11,11,12,11,12,26,13,26,10,5,
10,6,9,20,9,21,13,9,14,8,8,25,9,24,13,5
,1
4,5,10,27,11,27,11,7,12,8,8,22,9,23,8,5
,9,6,11,20,12,21
9000 CLEAR : SAVE "movelect" LINE 9100
9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
9020 VERIFY "": VERIFY ""CODE : STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

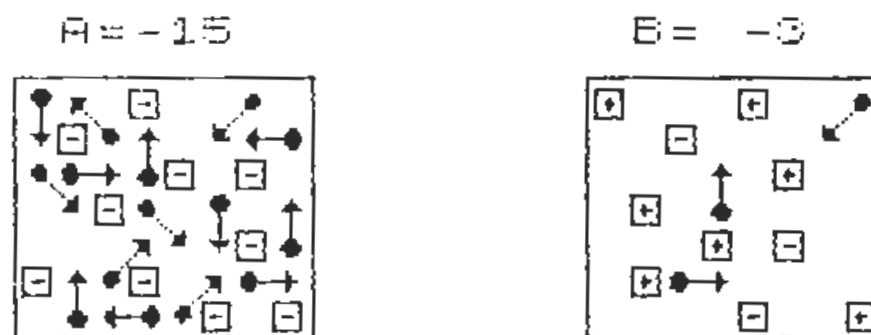
O programa é relativamente longo, mas não hesite o leitor em introduzi-lo no computador: o seu esforço terá a devida recompensa. Tenha especial cuidado com a introdução dos «DATA» das linhas 1000, 2000 e 3000, pois são os valores neles contidos que comandam a impressão dos gráficos que representam os núcleos e os electrões.

Proceda como para o programa precedente: no final da introdução e antes de o executar, prepare a cassete, deixando um espaço vazio de cerca de 10 segundos depois da gravação anterior e referencie a localização por meio do conta-voltas do gravador.

Grave o programa P 2.1 com o comando directo «GO TO 9000», rebobine a cassete e verifique a gravação (não precisa de introduzir o comando «VERIFY», pois este é automático). Seguidamente, prepare a cassete onde gravou os gráficos «electgraf», coloque-a no gravador, faça «GO TO 9100» e carregue no «PLAY»: o programa arrancará automaticamente no fim do carregamento do CODE.

Eis a imagem que o ecrã oferece após o arranque:

```
MOVIMENTO DOS ELECTROES

A=-15                B= -3
```

```
Prima qualquer tecla para esta-
belecer a ligacao entre os cris-
tais e iniciar a transferencia
das cargas electricas.
```

O programa está preparado para facultar a repetição o número de vezes consideradas necessárias (linhas 400 a 430). Deste modo, o leitor terá oportunidade de apreender todos os pormenores da animação gráfica que pretende simular a passagem dos electrões de um para o outro cristal.

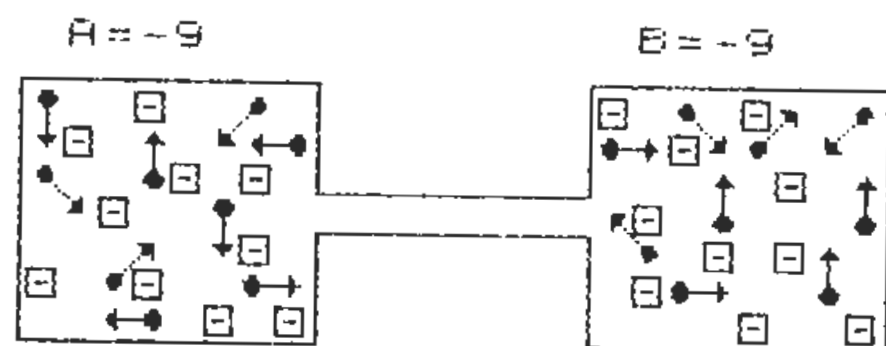
Chamamos a sua atenção para dois detalhes da animação: cada vez que um electrão atinge o cristal «B», um dos seus átomos que tinha o sinal « + », passa a ter o sinal «—», repetindo-se esta modificação até à situação de equilíbrio.

Simultaneamente, o valor das cargas negativas que, inicialmente, era de —15 para «A» e de —3 para «B», vai sendo corrigido, até atingir —9 para ambos os cristais.

Ainda quanto ao programa: se o leitor quiser gravar os gráficos em conjunto com a parte BASIC, proceda do seguinte modo:

a) — introduza o programa no computador;
b) — carregue os gráficos, com o comando «GO TO 9100»;
c) — faça «BREAK», ou prima «0», quando a execução terminar;
d) — altere a linha 9000, acrescentando, depois de «LINE 9100»: SAVE «electgraf» CODE 60000, 768;
e) — altere a linha 9010, acrescentando, antes de «STOP»: VERIFY "" CODE;
f) — grave o conjunto, fazendo «GO TO 9000».

Eis a imagem que o programa oferece, no final da execução:

MOVIMENTO DOS ELECTROES

CRISTAIS "A" E "B" EQUILIBRADOS

Para repetir prima ENTER
Para terminar prima "0"

### A unidade de carga eléctrica

A diferença entre o número de electrões e o número de protões, existentes em qualquer corpo, determina a *quantidade de carga eléctrica que esse corpo possui.* A unidade de carga eléctrica é o COULOMB, cujo símbolo é «C».



### Diferença de potencial

Entre um corpo com 10 C de carga eléctrica e outro com 20 C, existe uma diferença de 10 C: a diferença de carga eléctrica entre dois corpos tem o nome de DIFERENÇA DE POTENCIAL ou TENSÃO.

Podemos, então, dizer, que a tensão entre dois corpos corresponde à diferença de potencial que se verifica entre esses corpos. A tensão tem por unidade o VOLT, cujo símbolo é «V».

Voltando aos nossos cristais e com base nestes conceitos, diremos que *entre eles existia uma certa tensão e que essa tensão deixou de existir, no momento em que as cargas se equilibraram.*

### Corrente eléctrica

Quando ligámos os cristais por um elemento condutor, verificou-se uma transferência de electrões do cristal com carga eléctrica mais elevada para o cristal menos carregado: a transferência correspondeu a um FLUXO CONTÍNUO DE ELECTRÕES ou, por outras palavras, a uma CORRENTE ELÉCTRICA.

Assim, diremos que *a corrente eléctrica é o movimento dos electrões através de um condutor.*

No caso dos nossos cristais, a corrente eléctrica manteve-se enquanto *existiu tensão,* isto é, enquanto as cargas eléctricas foram diferentes. Logo que foi restabelecido o equilíbrio, deixou de haver tensão e a corrente eléctrica cessou.

### Condutores e isoladores

Temos vindo a utilizar o termo «condutor», sem precisar o seu significado no âmbito da electricidade. Por definição, *condutor será todo e qualquer material capaz de conduzir ou deixar passar a corrente eléctrica.*

Do ponto de vista da sua estrutura atómica, diz-se que um material é condutor quando *os electrões livres possuem a capacidade de se deslocarem, facilmente, de átomo para átomo.*

Inversamente, os materiais cujos electrões se encontram muito próximos do núcleo, não permitem a fácil condução da corrente

eléctrica, podendo, certos materiais, impedi-la totalmente. Os materiais que oferecem «resistência» à passagem da corrente eléctrica são «maus condutores»; os que se opõem à sua passagem chamam-se ISOLADORES.

Por regra, os metais são bons condutores da corrente eléctrica. A prata é um dos melhores condutores, mas, pelo seu preço, sem grande aplicação prática. Segue-se o cobre e o alumínio, sendo o primeiro o mais utilizado nas vulgares instalações eléctricas.

Como isoladores, temos o vidro, a mica, a cerâmica, a borracha, etc. Cabe, aqui, uma advertência de natureza prática: a madeira é, geralmente, considerada como um bom isolante. Mas atenção: isto só é verdadeiro se a madeira estiver rigorosamente seca.

A madeira húmida (como sabemos, a madeira não protegida absorve a água com grande facilidade) pode transformar-se num perfeito condutor: a ignorância ou o esquecimento desta regra elementar já provocou a morte de inúmeras pessoas.

Todos conhecemos (ou já ouvimos falar) dos estragos que a humidade pode causar à aparelhagem eléctrica, mesmo quando esta possui materiais isoladores que não absorvem a água. A verdade, é que, toda a água (excepto a que foi acabada de destilar) possui sais dissolvidos ou impurezas em suspensão: é a presença desses sais ou dessas impurezas que tornam a água um excelente condutor da corrente eléctrica.

Aliás, esta propriedade tem, também, aspectos positivos, quando devidamente controlada: as vulgares baterias de automóvel e a galvanoplastia (cromagem, zincagem, prateagem, etc.) são alguns dos equipamentos e técnicas que utilizam a condutibilidade da água, quando associada a certos ácidos ou sais metálicos.

A unidade de corrente eléctrica é o AMPERE, cujo símbolo é «A».

### 3 — A corrente eléctrica nos condutores

Dissemos que a corrente eléctrica era o movimento ou fluxo contínuo de electrões através de um condutor. Sabemos, também, o que caracteriza um condutor e um isolador. Vimos, ainda, que



a tensão, ou diferença de potencial, era consequência da diferença de cargas eléctricas entre dois corpos.

Vamos, agora, estudar a influência dos condutores no escoamento das cargas eléctricas. Mas antes, apresentamos ao leitor uma das mais vulgarizadas fontes de energia eléctrica: a BATERIA. Dela falaremos com maior detalhe no capítulo dedicado às FONTES DE ENERGIA ELÉCTRICA.

Com uma bateria de automóvel e fio de cobre com diferentes secções, vamos realizar uma montagem muito simples, mas que permitirá ao leitor visualizar no ecrã, através do Programa P 1/3, um dos efeitos dos condutores sobre a corrente eléctrica.

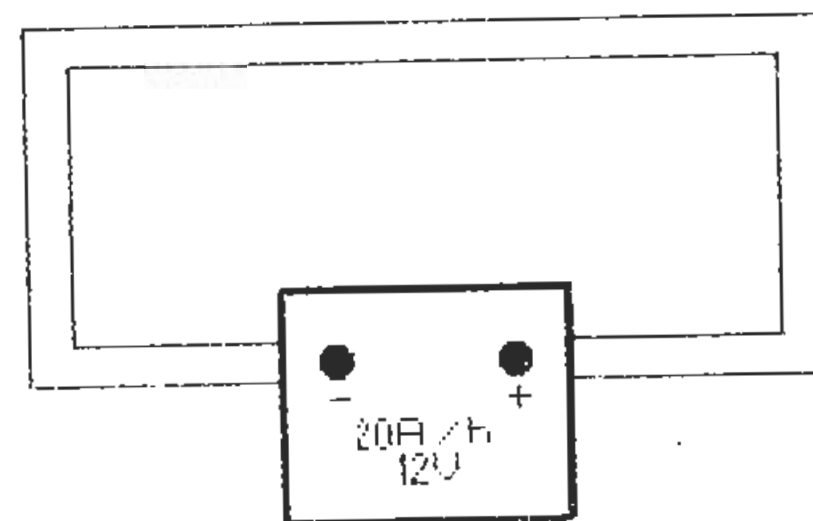



Figura 4/1

A figura 4/1 representa uma bateria, tendo, em circuito fechado, um condutor com uma determinada secção, a que chamaremos, para efeitos práticos, CONDUTOR No. 1. Como o leitor pode observar, a bateria tem marcados os sinais «—» e «+» e as indicações 20A/h e 12V.

Isto significa que a carga da bateria é de 20 Amperes ou, por outras palavras e mais correctamente, *tem capacidade para fornecer uma corrente de 20 Amperes durante 1 hora.* Por outro lado, indica também que a tensão existente entre o borne negativo e o borne positivo é de 12 Volts.

A secção do condutor no. 1 permite a passagem de um certo número de electrões por hora, provocando uma corrente eléctrica com um valor de «nAmperes», pelo que a carga da bateria estaria esgotada ao fim de «20/nA». Imaginemos alguns valores para concretização de ideias:

— Valor da corrente no condutor : 2 A
— Capacidade da bateria : 20 A/h
— Duração da carga da bateria : 20/2 = 10 horas

Chamamos, agora, a atenção do leitor, para outro aspecto que ressalta da imagem: o sentido da corrente eléctrica. Esta estabelece-se *do pólo negativo para o pólo positivo*. A explicação deste facto é-nos facultada, mais uma vez, pela Teoria da Constituição Atómica da Matéria.

Com efeito, temos, na bateria, duas cargas eléctricas, uma negativa e outra positiva. Ao estabelecermos ligação entre as cargas, os electrões livres do condutor *são obrigados, por força da carga negativa, a deslocarem-se de átomo para átomo, até atingirem o outro extremo do condutor, ligado à carga positiva.*

A tendência será, para que entrem, na carga positiva, tantos electrões quantos os que nela faltam e que abundam na carga negativa. Torna-se, agora, claro, que:

Primeiro: *o fluxo de electrões ou corrente eléctrica estabelece-se do pólo negativo para o pólo positivo;*
Segundo: *o fluxo de electrões ou corrente eléctrica manter-se-á, enquanto existir tensão entre as duas cargas.*

Regressemos ao condutor no. 1 e à sua secção, a fim de retomarmos o tema com que iniciámos este capítulo.

O valor da corrente eléctrica num condutor é função de vários factores, como veremos mais adiante. Um dos factores é *a resistência do condutor,* a qual depende do material e da secção. Esqueçamos, de momento, o material e debrucemo-nos sobre a influência da secção na resistência do condutor.

À semelhança do que acontece na hidráulica, onde, quanto maior for a secção de um tubo, maior volume de líquido nele passa (para uma determinada pressão), também a corrente eléctrica passará com mais facilidade num condutor de grande secção, do que noutro, com secção inferior.



Embora não nos esqueçamos que o valor da corrente eléctrica depende de outros factores, para além da secção do condutor, podemos, desde já, enunciar uma das suas leis: O VALOR DA CORRENTE É INVERSAMENTE PROPORCIONAL À RESISTÊNCIA DO CONDUTOR

Isto é, *quanto menor for a resistência do condutor, maior será o valor da corrente que este deixa passar e, inversamente, quanto maior for a resistência do condutor, menor será o valor da corrente que o atravessa.*

Como o leitor terá ocasião de se aperceber mais adiante, esta é uma forma simplista de analisar os factores que condicionam a corrente eléctrica num condutor, ou num «circuito». Consideramos, no entanto, que, no estádio actual dos seus conhecimentos, é adequada para a progressiva assimilação desta matéria.

Posto isto, é altura de lhe proporcionarmos a listagem do Programa P 3/1, destinado a demonstrar, no ecrã, o efeito, sobre a corrente eléctrica, da variação da secção dos condutores (entenda-se variação da resistência).

PROGRAMA P 3/1

```
REM PROGRAMA OS CONDUTORES P 3.1
  60 DIM d$(32)
  70 GO SUB 500: GO SUB 550: LET n=1: GO
 SUB 1200: GO SUB 1100: GO SUB 950
  80 GO SUB 800: FOR f=11 TO 6 STEP -1:
PRINT AT 14,f;"ST": PAUSE 20: GO SUB 100
0
  90 PRINT AT 14,f+1;"  ": NEXT f: PRINT
 AT 14,f+1;CHR$ 32
 100 FOR f=13 TO 6 STEP -1: PRINT AT f,6
;"\";AT f-1,6;"[": PAUSE 20: GO SUB 1000
 110 PRINT AT f+1,6;CHR$ 32;AT f,6;CHR$
32: NEXT f: PRINT AT f,6;CHR$ 32
```

```
 120 FOR f=7 TO 26: PRINT AT 5,f;"QR": P
AUSE 20: GO SUB 1000
 130 PRINT AT 5,f-1;"  ": NEXT f: PRINT
AT 5,f;"  "
 140 FOR f=6 TO 13: PRINT AT f,27;"U";AT
 f+1,27;"V": PAUSE 20: GO SUB 1000
 150 PRINT AT f-1,27;CHR$ 32;AT f,27;CHR
$ 32: NEXT f: PRINT AT f,27;CHR$ 32
 160 FOR f=26 TO 21 STEP -1: PRINT AT 14
,f;"T";AT 14,f-1;"S": PAUSE 20: GO SUB 1
000
 170 PRINT AT 14,f;"  ": NEXT f: PRINT A
T 14,f;"  "
 180 GO TO 80
 190 GO SUB 800: FOR f=11 TO 7 STEP -1:
PRINT AT 14,f;"ST";AT 15,f;"ST": PAUSE 1
0: GO SUB 1010
 200 PRINT AT 14,f+1;"  ";AT 15,f+1;"  "
: NEXT f: PRINT AT 14,f+1;CHR$ 32;AT 15,
f+1;CHR$ 32
 210 FOR f=13 TO 6 STEP -1: PRINT AT f,5
;"\\";AT f-1,5;"[[": PAUSE 10: GO SUB 10
10
 220 PRINT AT f+1,5;"  ";AT f,5;"  ": NE
XT f: PRINT AT f,5;"  "
 230 FOR f=7 TO 26: PRINT AT 4,f;"QR";AT
 5,f;"QR": PAUSE 10: GO SUB 1010
 240 PRINT AT 4,f-1;"  ";AT 5,f-1;"  ":
NEXT f: PRINT AT 4,f;CHR$ 32;AT 5,f;CHR$
 32
 250 FOR f=6 TO 13: PRINT AT f,27;"UU";A
T f+1,27;"VV": PAUSE 10: GO SUB 1010
 260 PRINT AT f-1,27;"  ";AT f,27;"  ":
NEXT f: PRINT AT f,27;"  "
 270 FOR f=25 TO 21 STEP -1: PRINT AT 14
,f;"ST";AT 15,f;"ST": PAUSE 10: GO SUB 1
010
 280 PRINT AT 14,f;"  ";AT 15,f;"  ": NE
XT f: PRINT AT 14,f;"  ";AT 15,f;"  "
 290 GO TO 190
 300 GO SUB 800: FOR f=11 TO 7 STEP -1:
PRINT AT 13,f;"ST";AT 14,f;"ST";AT 15,f;
"ST": PAUSE 5: GO SUB 1020
 310 PRINT AT 13,f+1;"  ";AT 14,f+1;"  "
;AT 15,f+1;"  ": NEXT f: PRINT AT 13,f+1
;CHR$ 32;AT 14,f+1;CHR$ 32;AT 15,f+1;CHR
$ 32
 320 FOR f=13 TO 7 STEP -1: PRINT AT f,5
;"\\\";AT f-1,5;"[[[": PAUSE 5: GO SUB 1
020
 330 PRINT AT f+1,5;"   ";AT f,5;"   ":
NEXT f: PRINT AT f,5;"   "
 340 FOR f=7 TO 26: PRINT AT 4,f;"QR";AT
 5,f;"QR";AT 6,f;"QR": PAUSE 5: GO SUB 1
020
 350 PRINT AT 4,f-1;"  ";AT 5,f-1;"  ";A
T 6,f-1;"  ": NEXT f: PRINT AT 4,f;CHR$
32;AT 5,f;CHR$ 32;AT 6,f;CHR$ 32
 360 FOR f=6 TO 12: PRINT AT f,26;"UUU";
AT f+1,26;"VVV": PAUSE 5: GO SUB 1020
 370 PRINT AT f-1,26;"   ";AT f,26;"   "
: NEXT f: PRINT AT f,26;"   "
 380 FOR f=25 TO 21 STEP -1: PRINT AT 13
,f;"ST";AT 14,f;"ST";AT 15,f;"ST": PAUSE
 5: GO SUB 1020
 390 PRINT AT 13,f;"   ";AT 14,f;"   ";A
T 15,f;"   ": NEXT f: PRINT AT 13,f;"   
";AT 14,f;"   ";AT 15,f;"   "
 400 GO TO 300
 500 FOR f=0 TO 1: PLOT 103+f,23+f: DRAW
 64,0: DRAW 0,52: DRAW -64,0: DRAW 0,-52
: NEXT f
```

```
 510 GO SUB 800: PRINT AT 14,14;"N";AT 1
4,19;"N": GO SUB 900: PRINT AT 15,14;"-"
;AT 15,19;"+"
 520 GO SUB 800: PRINT AT 16,15;"J";AT 1
7,16;"B": GO SUB 900: PRINT AT 16,16;"A/
h";AT 17,17;"V": RETURN
 550 PLOT 102,55: DRAW -55,0: DRAW 0,81:
 DRAW 178,0: DRAW 0,-81: DRAW -57,0
 560 PLOT 102,64: DRAW -45,0: DRAW 0,63:
 DRAW 158,0: DRAW 0,-63: DRAW -48,0: RET
URN
 570 PLOT 102,47: DRAW -63,0: DRAW 0,97:
 DRAW 194,0: DRAW 0,-97: DRAW -66,0: RET
URN
 580 PLOT 102,72: DRAW -37,0: DRAW 0,47:
 DRAW 142,0: DRAW 0,-47: DRAW -39,0: RET
URN
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

 950 PRINT AT 20,0;d$;AT 20,6;"Prima SPA
CE para parar": RETURN
1000 IF CODE INKEY$<>32 THEN  RETURN
1005 CLS : GO SUB 500: GO SUB 560: GO SU
B 570: LET n=2: GO SUB 1200: GO SUB 1100
: GO SUB 950: GO TO 190
1010 IF CODE INKEY$<>32 THEN  RETURN
1015 CLS : GO SUB 500: GO SUB 570: GO SU
B 580: LET n=3: GO SUB 1200: GO SUB 1100
: GO SUB 950: GO TO 300
1020 IF CODE INKEY$<>32 THEN  RETURN
1025 GO SUB 900: PRINT AT 20,0;d$;AT 20,
4;"PRIMA : ENTER para repetir";AT 21,4;"
PRIMA : ~O~ para acabar"
1030 IF CODE INKEY$<>13 AND CODE INKEY$<
```



```
>48 THEN  GO TO 1030
1040 IF CODE INKEY$=13 THEN  RUN
1050 STOP
1100 PRINT AT 20,4;"Prima uma tecla para
 ligar": PAUSE 0: RETURN
1200 PRINT AT 0,10;"CONDUTOR No.";n: RET
URN
9000 CLEAR : SAVE "condutor" LINE 9100
9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768: STO
P
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

O Programa P 3/1, tal como os anteriores (e os futuros), utiliza o conjunto de gráficos «electgraf», que o leitor possui gravado em cassete. Introduza o programa na máquina e grave-o com os habituais cuidados. Seguidamente, faça «GO TO 9100» e carregue os gráficos: o programa arrancará automaticamente, mostrando, no ecrã, a seguinte imagem:

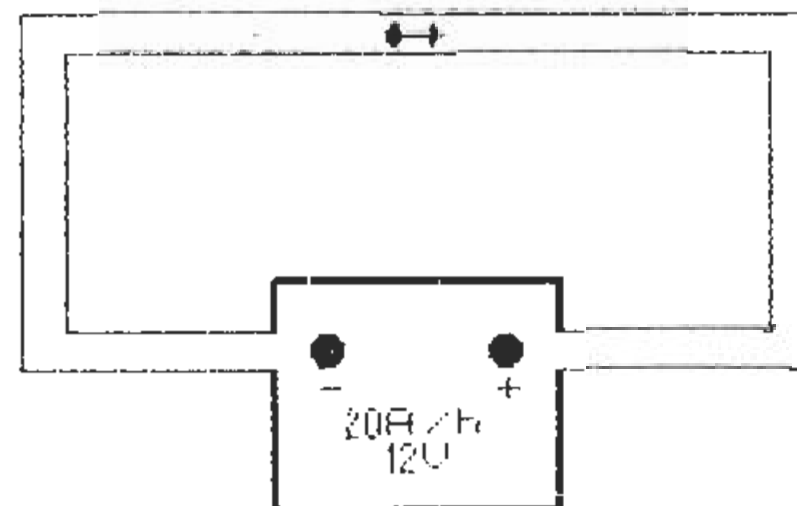



Figura 5/1

Premindo uma tecla, desencadeia-se a execução e veremos um electrão a atravessar, dificilmente, o CONDUTOR No. 1, do pólo negativo, para o pólo positivo.

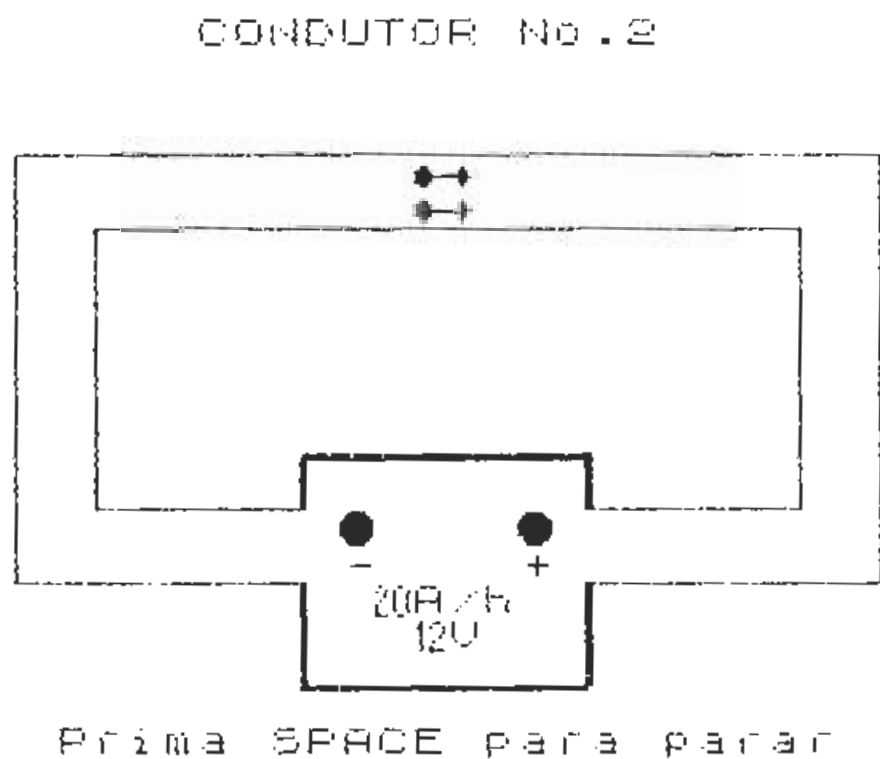
Quando o leitor estiver satisfeito ou cansado da imagem, prima «SPACE»: o ecrã apresentará, então, um condutor com o dobro da secção, o CONDUTOR No. 2:

CONDUTOR No.2

Figura 6/1

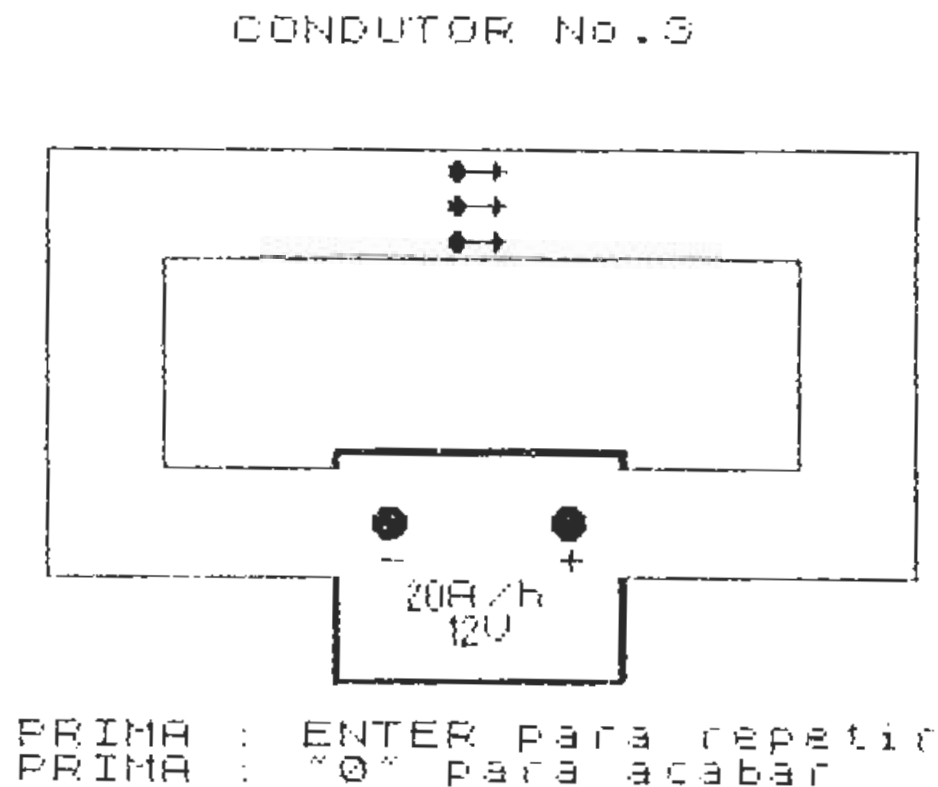
Como seria previsível, um condutor com o dobro da secção do anterior, permite, não só a passagem de mais electrões, como maior rapidez, nessa passagem: em resumo, *corrente eléctrica com valor mais elevado*. Prima «SPACE» para ver o efeito do CONDUTOR No 3:

CONDUTOR No.3

Figura 7/1

A figura 7/1 representa a imagem facultada pelo Programa, mostrando o CONDUTOR No. 3, com uma secção três vezes superior à do condutor no. 1. Seguindo o mesmo raciocínio, a corrente seria, também, três vezes superior.

Podemos construir uma pequena tabela que evidencie os valores da corrente eléctrica para os diferentes condutores e os tempos de duração da carga da bateria:

| | Corrente Amperes | Capacidade da bateria Amperes/hora | Duração da carga Horas |
|---|---|---|---|
| Condutor 1 | 2 | 20 | 20/2 = 10 |
| Condutor 2 | 4 | 20 | 20/4 = 5 |
| Condutor 3 | 6 | 20 | 20/6 = 3,3 |

### O curto-circuito

Observando a tabela anterior, fácil se torna imaginar as consequências, para a bateria, da utilização de um condutor cuja resistência fosse praticamente nula: *a carga escoar-se-ia quase instantaneamente, com funestos resultados para a bateria.*

Estaríamos a fazer o chamado «curto-circuito», isto é, um circuito sem «resistência de carga».

Na prática, e como provavelmente o leitor já teve ocasião de constatar, *o curto-circuito é um dos mais vulgares acidentes que ocorrem na utilização da energia eléctrica.*

Modernamente, tanto as instalações domésticas como as industriais, bem como as instalações dos veículos automóveis e, praticamente, de todos os equipamentos e aparelhos que funcionam por meio da energia eléctrica, estão protegidas contra curto-circuitos, através de FUSÍVEIS, ou de DISJUNTORES. Teremos ocasião, mais adiante, de desenvolver este tema.

### Conceitos errados

Vem, a propósito, clarificar um conceito muito generalizado, sobre a expressão «corrente». É comum as pessoas dizerem: «— Cuidado! — Esses fios têm corrente!» Ou «— Não mexas na tomada, porque tem corrente.» Referimo-nos, como é óbvio, a expressões que todos utilizamos, embora erradamente.

Como o leitor já sabe, a corrente eléctrica é o movimento dos electrões através de um condutor e, para que a corrente se estabeleça, é necessário que as cargas, ou tensões existentes entre dois corpos, sejam ligadas por meio desse condutor.

Deste modo, fácil se torna concluir que os fios ou a tomada *só terão corrente, quando ligados a qualquer aparelho que funcione com energia eléctrica.* Na ausência de uma lâmpada, de um ferro de engomar ou de um televisor, ligados à tomada, pelo respectivo cabo e ficha, *o que existe é uma determinada tensão, ou diferença de potencial,* entre os dois fios condutores ou entre os bornes da tomada.

Perguntará, agora, o leitor: «— Nesse caso, podemos mexer nos fios ou na tomada?» A resposta é afirmativa, mas contém reservas muito importantes a ter na devida conta.





O corpo humano é um excelente condutor da corrente eléctrica, sobretudo quando as zonas de eventual contacto com os pontos de tensão, estiverem molhadas ou, simplesmente, húmidas.

Voltemos à nossa tomada, vulgarmente (e erradamente, como vimos) conhecida como «tomada de corrente».

Como é do conhecimento geral, as tomadas comuns possuem dois orifícios, onde são introduzidos os pernos das fichas de ligação aos diferentes aparelhos, sejam estes de iluminação, aquecimento, força motriz ou outros.

Os orifícios das tomadas dão acesso aos fios condutores da instalação e estes a um complexo circuito, que tem início na central geradora de energia eléctrica, passando pelos postos de transformação e distribuição, pelos contadores do consumo e terminando nos quadros de distribuição das nossas casas.

Entre os bornes da tomada existe uma tensão, normalmente de 220V 50Hz (em Portugal). Mais tarde, veremos o significado de 50Hz, visto que 220V, como o leitor já sabe, significa uma tensão de 220 Volts.

Se o leitor pegar em dois pedaços de arame, um em cada mão e os introduzir nos orifícios da tomada, *o seu corpo é imediatamente atravessado por uma corrente eléctrica elevadíssima* e, muito provavelmente, perderá a oportunidade de nos acompanhar nesta digressão pelos caminhos da electricidade.

Isto, porque actuou, muito eficazmente, para provocar a electrocução, pois o nosso corpo não está equipado para funcionar com energia eléctrica... Logo, é uma experiência que, peremptoriamente, desaconselhamos.

Mas atenção: o chamado «choque eléctrico» (com maior ou menor gravidade) pode, igualmente, produzir-se, se o leitor introduzir, num dos bornes da tomada, um só arame com uma das mãos. Com efeito, a rede de distribuição da energia eléctrica está organizada de tal forma, que a tensão presente entre os dois fios, existe, também, *entre um dos fios e a «terra»* (entendendo-se por terra, o solo).

Para facilitar a compreensão desta situação e das explicações que se impõem, vamos recorrer a um pequeno diagrama:

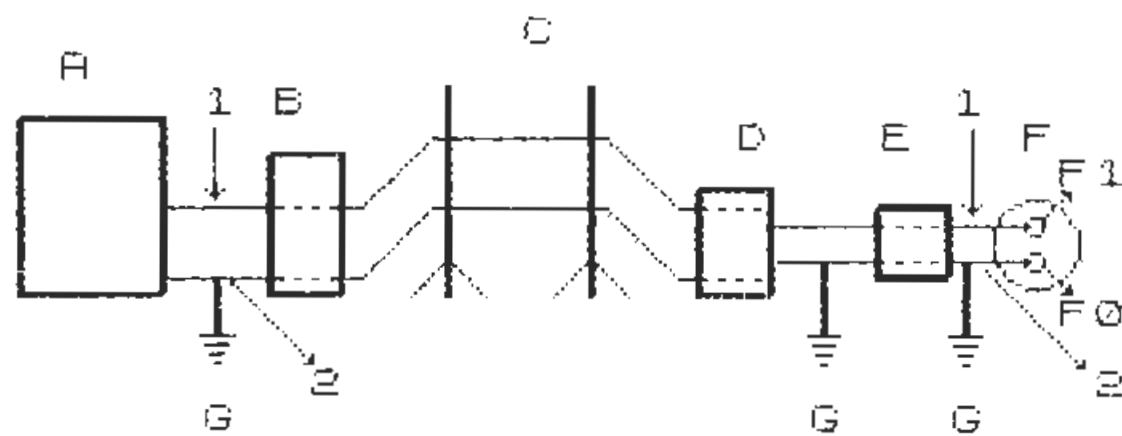



Figura 8/1

A figura 8/1 representa, de forma simplificada, uma rede de distribuição de energia eléctrica, com a seguinte constituição básica:

A — Central geradora
B — Primeiro posto de transformação e distribuição
C — Postes de alta tensão
D — Segundo posto de transformação
E — Quadro de distribuição doméstica
F — Tomada de tensão
G — Ligações à terra
1 — Condutor denominado FASE
2 — Condutor denominado NEUTRO

Como o leitor pode observar, o condutor no. 2 (neutro) está ligado à terra, logo à saída da Central Geradora e esta ligação repete-se em diferentes estágios da rede.

Cabe, aqui, um esclarecimento: a tensão das redes de distribuição em Portugal e, praticamente em toda a Europa, tem uma característica que a distingue das tensões fornecidas pelas pilhas e baterias. Enquanto que estas últimas fornecem tensão CONTÍNUA, a rede de distribuição fornece tensão ALTERNA.



Embora este importante aspecto vá ser objecto do necessário desenvolvimento, em posterior capítulo, convém, desde já, que o leitor saiba:

— que a tensão contínua mantém constante a sua polaridade;
— que a tensão alterna modifica a sua polaridade várias vezes por segundo (50 vezes nas redes europeias e 60 vezes, por exemplo, nos E.U.A.).

Feito este esclarecimento, voltemos à figura 8/1, tendo presente que, embora se trate de uma tensão alterna, isto em nada modifica o objectivo da nossa análise.

Entre os pernos F1 e F2 da tomada, existe uma tensão de 220V 50Hz (220V com uma alternância de 50 ciclos por segundo). Como o condutor 2 (neutro) está ligado à terra, podemos deduzir que *entre o condutor 2 (fase) e a terra existe, igualmente, uma tensão de 220V.*

*O leitor possui, agora, os dados para compreender os motivos do «choque eléctrico» (entenda-se a passagem da corrente eléctrica através do corpo), quando pega no arame e o introduz no orifício da tomada que está ligado ao condutor «fase».* E, também, porque nada se passa, se introduzir o arame no orifício ao qual está ligado o condutor «neutro».

Dissemos, atrás, que o «choque eléctrico» poderia ter maior ou menor gravidade. Isto significa, que a corrente eléctrica, ao percorrer o nosso corpo, pode tomar valores insignificantes, logo inofensiva, ou valores elevados e, por consequência, perigosa.

Tudo depende, como se pode deduzir, *da resistência que o corpo oferecer, num dado momento, à passagem da corrente eléctrica.*

Para um melhor esclarecimento, imaginemos duas situações extremas:

a) máxima condutibilidade através do corpo humano
b) condutibilidade praticamente nula, através do corpo humano

Vejamos quais as condições que possibilitam os dois casos:

— Para a situação a) — perigo de electrocução:

1 — mãos molhadas, ou húmidas;

2 — pés nus e molhados, em contacto com terra húmida, ou sobre uma placa de cimento húmida ou, ainda, sobre soalho de madeira, molhado;
3 — introduzir o arame com uma das mãos e, com a outra, agarrar uma torneira ou um cano de água (neste caso, nem é preciso haver humidade...).

— Para a situação b) — perigo mínimo:

1 — mão secas e protegidas com luvas de borracha;
2 — pés secos e calçados com botas ou sapatos providos de solas de borracha (o cabedal absorve a água, tornando-se condutor);
3 — solo seco e protegido por um revestimento isolante, igualmente seco.

Um outro aspecto que convém esclarecer, relaciona-se com as zonas de contacto entre o corpo e a fonte de tensão. Os efeitos da corrente eléctrica são muito variáveis, consoante a forma como a tensão é aplicada ao corpo humano.

A situação mais perigosa verifica-se quando a corrente eléctrica percorre o corpo *de uma mão para a outra, de uma mão para um pé, ou da cabeça para um dos membros.* Facilmente se compreende, que se a corrente atingir, no seu percurso, um órgão ou centro nervoso vitais, as consequências podem ser desastrosas.

Pelo contrário, se o leitor introduzir dois dedos da mesma mão nos orifícios da tomada, não se livrará de um violento «choque» e, provavelmente, de uma boa queimadura: mas numa pessoa jovem e saudável, as consequências devem limitar-se a estes incómodos.

Em resumo, diríamos que o «choque eléctrico» deve ser evitado por todos os meios. Para isso, não basta ter em conta os ensinamentos adquiridos: é indispensável relacioná-los com a prática e, sobretudo, aplicar, não só as regras de segurança atrás referidas, como todas as que o bom senso aconselhar.

Não queremos terminar este tema sem uma última indicação: existem no comércio uns instrumentos, muito simples e baratos, normalmente conhecidos por «busca-pólos». Trata-se de uma pequena lâmpada neón, montada no interior transparente de uma chave de fendas, ligada, num extremo, à chave propriamente dita



e, no outro extremo, a um botão metálico, situado na cabeça da chave.

Como o seu nome sugere, o busca-pólos destina-se a localizar, entre os dois condutores da rede de tensão alterna, aquele que está ligado à «fase». O seu manuseamento não oferece qualquer perigo, mas nunca esqueça as regras de segurança: sobretudo, nada de humidades.

Se o leitor quiser saber (o que traz grandes vantagens nas pequenas reparações caseiras) qual dos fios condutores transporta a «fase», compre um busca-pólos e introduza-o num dos orifícios de uma tomada, tocando com um dedo no botão metálico da cabeça da chave: se o neón se iluminar intensamente, é porque o condutor correspondente a esse orifício está ligado à fase; caso contrário, era o «neutro».

Mas faça mais: pesquise todos os seus electrodomésticos, assegurando-se que estão devidamente montados e não têm defeitos de isolamento. Ligue os aparelhos e ponha-os em funcionamento.

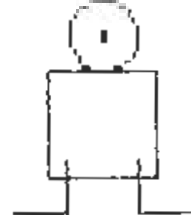
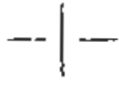
Toque com o busca-pólos nas partes metálicas não pintadas: se o neón se iluminar intensamente, isso significa que pode ter a fase ligada à estrutura metálica da máquina, o que se torna altamente perigoso.

Se o neón se iluminar levemente, em regra, não existe qualquer deficiência e situação de perigo: geralmente, é devido à existência de resistências ou bobinas que induzem um efeito electromagnético na estrutura do aparelho.

No primeiro caso e como solução de emergência, inverta a posição da ficha de ligação do aparelho, na tomada. Se o neón mantiver a luminosidade, desligue imediatamente o aparelho, dê indicações para que ninguém lhe toque e chame o electricista. Se o neón já não se iluminar, mantenha a ficha nessa nova posição, mas de qualquer modo, mande examinar o aparelho, pois algo deve estar errado e, se alguém voltar a pôr a ficha na posição inicial, pode acontecer um acidente grave.

As normas da CEE exigem que todos os electrodomésticos tenham as estruturas metálicas ligadas à terra. Isto é conseguido, na prática, através das fichas e das tomadas, as quais possuem um terceiro contacto. Na tomada, esse contacto está ligado a um condutor de terra; na ficha, um terceiro fio condutor liga o contacto à estrutura metálica. Deste modo, quando se introduz

a ficha na tomada, automaticamente estamos a ligar o aparelho à terra.

Esta é a protecção mais eficaz contra acidentes que possam ter origem numa eventual avaria do equipamento. Se em casa do leitor não existirem tomadas com terra, ou se os seus aparelhos não estiverem equipados com ficha tripla, aconselho-o vivamente a proceder à necessária correcção: se não tiver apetência para os trabalhos manuais, chame o electricista.

## 4 — Símbolos convencionais

Qualquer ciência tem a sua linguagem própria, composta por vocábulos, expressões e símbolos. Desde o início deste livro, que o leitor tem vindo a familiarizar-se com diversos termos e expressões, com significado específico à electricidade, tais como corrente eléctrica, condutibilidade, tensão, etc.

O estudo da electricidade, como ciência que é, não pode limitar-se à parte puramente textual ou descritiva: tal como a matemática, a óptica ou a química, necessita da representação simbólica para transmitir o conteúdo de uma ideia, de uma situação.

Dedicamos esta rubrica à divulgação de alguns dos símbolos convencionais, isto é, aqueles símbolos que, tal como a mímica, auxiliam a comunicação entre os povos de todos os países.

RESISTENCIA FIXA

REOSTATO OU RESISTENCIA VARIAVEL

POTENCIOMETRO

AMPERIMETRO

VOLTIMETRO

FUSIVEL

LAMPADA DE INCANDESCENCIA

CAMPAINHA

CRUZAMENTO DE FIOS COM LIGACAO

CRUZAMENTO DE FIOS SEM LIGACAO

BOBINA OU SELENOIDE

TRANSFORMADOR COM NUCLEO DE AR

TRANSFORMADOR COM NUCLEO DE FERRO

CONDENSADOR FIXO

CONDENSADOR VARIAVEL

CONDENSADOR ELECTROLITICO

TERRA

*Unidades de medida e respectivos símbolos*

O quadro seguinte apresenta as principais grandezas da electricidade, respectivas unidades e símbolos internacionais:

| GRANDEZA | UNIDADE | SÍMBOLO |
|---|---|---|
| Energia | Joule | J |
| Carga | Coulomb | C |
| Tensão | Volt | V |
| Corrente | Ampere | A |
| Resistência | Ohm | Ω |
| Potência | Watt | W |



| GRANDEZA | UNIDADE | SÍMBOLO |
|---|---|---|
| Condução | Siemens | S |
| Capacidade | Farad | F |
| Frequência | Hertz | Hz |
| Indutância | Henry | H |
| Fluxo magnético | Weber | Wb |
| Densidade do fluxo magnético | Tesla | T |

*Prefixos das unidades de medida*

Por vezes, na electricidade, algumas unidades atingem valores muito elevados ou tão diminutos que se torna pouco prática a sua expressão. Por esse motivo, são utilizados prefixos de origem grega ou latina, que substituem expressões tais como milhão, ou milésimo.

O quadro seguinte apresenta os prefixos com aplicação na electricidade, os respectivos símbolos e o seu valor decimal:

| PREFIXO | SÍMBOLO | VALOR |
|---|---|---|
| mega | M | 1 000 000 |
| kilo | k | 1 000 |
| mili | m | 0,001 |
| micro | μ | 0,000 001 |
| nano | n | 0,000 000 001 |
| pico | p | 0,000 000 000 001 |

Eis alguns exemplos que ilustram a situação exposta:

| GRANDEZA | EXPRESSÃO | ESCRITA SIMBÓLICA |
|---|---|---|
| 10 000 V | 10 kilovolts | 10 kV |
| 1 000 000 Ω | 1 megohm | 1 MΩ |
| 0,050 A | 50 miliamperes | 50 mA |
| 0,000 060 F | 60 microfarads | 60 μF |

## 5 — Geradores de energia eléctrica

A energia eléctrica pode ser obtida por diferentes processos, com recurso a tecnologias bem distintas, desde a elementar pilha química até à complexa central nuclear.

Dedicaremos esta rubrica à enumeração e descrição dos mais importantes e vulgarizados geradores de energia eléctrica.

Como veremos, qualquer que seja a tecnologia empregue, a energia eléctrica é, sempre, resultante da utilização ou da transformação de outra forma de energia.

### *A pilha química*

Podemos considerar a pilha química como um dos mais antigos geradores. Ultrapassou a sua condição experimental para se transformar no mais popular gerador portátil de energia eléctrica.

As modernas pilhas secas, que fornecem energia a equipamentos tão diversos como as lanternas ou os rádios portáteis, constituem um aperfeiçoamento da original pilha química. Esta é formada por duas placas de metais diferentes, denominados eléctrodos, mergulhadas numa solução acidulada, denominada electrólito.

### *As baterias ou acumuladores*

As baterias são constituídas por uma associação de placas metálicas, mergulhadas num electrólito, de tal forma que a tensão de 2 V fornecida por cada elemento é adicionada à tensão dos restantes elementos. Esta forma de associação designa-se por *ligação em série* e permite o fabrico de baterias com diversas tensões, sendo as mais comuns de 6, 12 ou 24 V.

A principal característica das baterias é a sua capacidade de reconstituição da carga, desde que esta se consuma em condições normais de funcionamento, isto é, quando a bateria não foi submetida a excessivo consumo ou a curto-circuito.

Existem diversos tipos de baterias, diferenciando-se pela constituição dos elementos e pela composição química do electrólito. As mais vulgares são as baterias de chumbo, que equipam a maioria dos veículos automóveis.



As baterias alcalinas com elementos de níquel-cádmio ou ferro-níquel e electrólito à base de sais de potássio, permitem descargas mais intensas e possuem maior duração. Têm, no entanto, a desvantagem de serem mais pesadas e volumosas do que as baterias de chumbo, isto para a mesma capacidade de carga.

### *Dínamos e alternadores*

Os dínamos e os alternadores são máquinas rotativas, em que a tensão é produzida por indução electromagnética. Os primeiros fornecem tensão contínua, enquanto que os últimos fornecem tensão alterna.

Até há poucos anos, a tensão necessária ao funcionamento dos equipamentos eléctricos dos veículos automóveis era fornecida por um dínamo, acoplado ao motor.

Actualmente, os veículos automóveis são equipados com alternadores, possuindo estes várias vantagens relativamente aos dínamos. Vejamos quais:

a) maior tensão nas baixas rotações;
b) menor peso e volume, para a mesma tensão a gerar;
c) maior simplicidade mecânica (ausência de escovas).

Como o carregamento da bateria e a ignição exigem tensões contínuas, os alternadores estão equipados com um rectificador de silício que transforma a tensão alterna em tensão contínua.

A rede de distribuição de energia eléctrica é alimentada por grandes alternadores, movidos por turbinas ou por motores térmicos. Nas centrais hidráulicas, as turbinas são movidas pela força da água acumulada nas barragens. Nas centrais térmicas, os alternadores podem estar directamente acoplados a motores de explosão, funcionando a fuel, ou acoplados a turbinas funcionando a vapor de água.

### *O efeito fotoeléctrico*

Os geradores fotoeléctricos convertem a energia luminosa em energia eléctrica. São baseados na propriedade que alguns materiais possuem, de emitirem electrões, quando atingidos pela luz.

Como exemplos da aplicação deste efeito, temos a célula fotoeléctrica, os tubos das câmaras vídeo e as pilhas solares.

### *O efeito piezoeléctrico*

Certos cristais têm a propriedade de gerar tensões, quando submetidos a vibrações mecânicas. É o caso do quartzo e dos cristais de Rochelle, estes últimos com aplicação em certos modelos de cabeças de leitura de gira-discos.

### *O efeito termoiónico*

O funcionamento das válvulas electrónicas é baseado no efeito termoiónico. Um filamento é aquecido ao rubro, no vácuo, pela passagem de uma corrente eléctrica e liberta electrões: estes são atraídos para uma placa, à qual foi aplicada uma tensão positiva.

Entre o filamento (cátodo) e a placa (ânodo), estabelece-se uma corrente eléctrica. Com a instalação de outros eléctrodos (grelhas), entre o cátodo e o ânodo, é possível controlar este fluxo de electrões: este é o princípio do funcionamento das válvulas de rádio e dos tubos de raios catódicos dos televisores.

### *O termopar*

Se soldarmos um arame de cobre a um arame de ferro e aquecermos a junção, obtemos uma tensão entre os extremos dos condutores: esta tensão é consequência da diferente actividade electrónica que se verifica nos dois metais, por efeito do aquecimento.

Na prática, os termopares são aplicados como dispositivos de segurança em esquentadores ou fogões a gás.

Enquanto a chama-piloto estiver acesa e incidir sobre o termopar, a tensão resultante é aplicada a um electroíman, que mantém a válvula de segurança aberta. Se a chama-piloto se apagar, a electroválvula deixa de receber tensão e fecha-se: a distribuição do gás é cortada.

Deste modo, qualquer fuga de gás devida a avaria ou descuido (torneira mal fechada), é, automaticamente, eliminada.



NOTA:

Durante esta breve panorâmica sobre os geradores de energia eléctrica, o leitor teve ocasião de tomar contacto com novos termos e conceitos, aparentemente desligados da matéria.

Procuraremos não ultrapassar o âmbito deste livro, mas não nos eximiremos à divulgação e, em certos casos, ao desenvolvimento de determinadas tecnologias ou equipamentos que fazem parte da vida quotidiana, onde a electricidade desempenha sempre um certo papel.

Desejamos, sobretudo, que o leitor encontre nas teorias e conceitos abordados, a necessária correlação com a vida prática, mesmo que a sua actividade, ou profissão, careçam de afinidade directa com a electricidade.

## CAPÍTULO II

### 1 — Tensão e corrente contínua e alterna

No Capítulo I, tivemos ocasião de aflorar os conceitos de CONTÍNUA e ALTERNA, quando aplicados à tensão. O leitor já sabe, que:

— a tensão contínua mantém constante a sua polaridade;
— a tensão alterna modifica a sua polaridade um determinado número de vezes por segundo.

No que respeita à corrente, lembramos que esta é estabelecida quando se aplica tensão a um circuito e que o sentido do fluxo electrónico é da carga negativa para a carga positiva.

Deste modo, *a corrente resultante de uma tensão contínua flui sempre do pólo negativo para o positivo,* embora o seu sentido no circuito possa ser alterado, por inversão das polaridades.

Vamos construir um pequeno circuito, que facilitará a compreensão deste conceito:

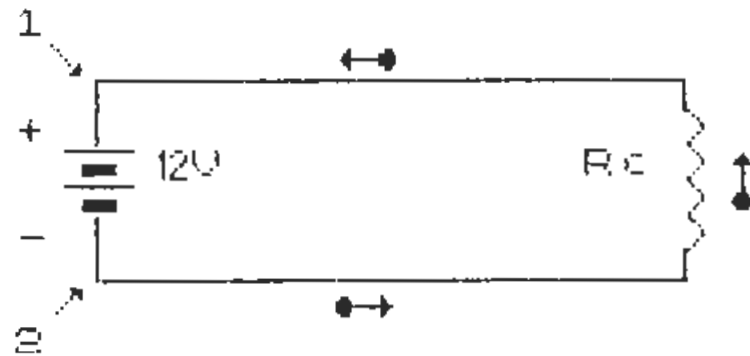



Figura 1/2



A figura 1/2 representa um circuito constituído por uma bateria de 12 V, ligada a uma resistência de carga Rc, por meio dos condutores 1 e 2. A corrente no circuito é CONTÍNUA e flui do pólo negativo para o pólo positivo.

Se invertermos a polaridade do circuito, isto é, se ligarmos o condutor 1 ao pólo negativo da bateria e o condutor 2 ao pólo positivo, *o percurso da corrente será inverso, embora obedecendo, sempre, à polaridade da bateria.*

Vejamos o mesmo circuito, agora com a polaridade invertida:

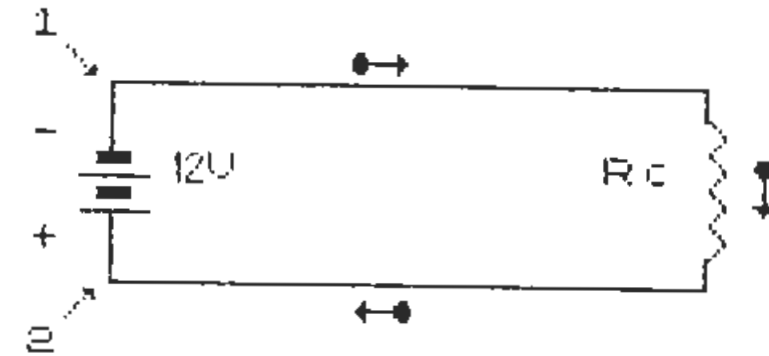



Figura 2/2

Podemos, então, concluir que *o sentido da corrente num circuito alimentado por um gerador de tensão contínua é função da polaridade aplicada ao circuito.*

Apliquemos, agora, uma tensão alterna no nosso circuito. A figura 3/2 representa um circuito, constituído por um alternador que fornece uma tensão de 220 V 50 Hz, ligado à resistência de carga Rc.

A tensão de 220 V tem uma alternância de 50 ciclos por segundo, ou, por outras palavras, inverte a polaridade 50 vezes em cada segundo.

A corrente originada no circuito inverterá o seu sentido, também 50 vezes por segundo, acompanhando a inversão da polaridade da tensão: diremos, portanto, que *a frequência da corrente é de 50 Hertz por segundo, ou 50 Hz.*

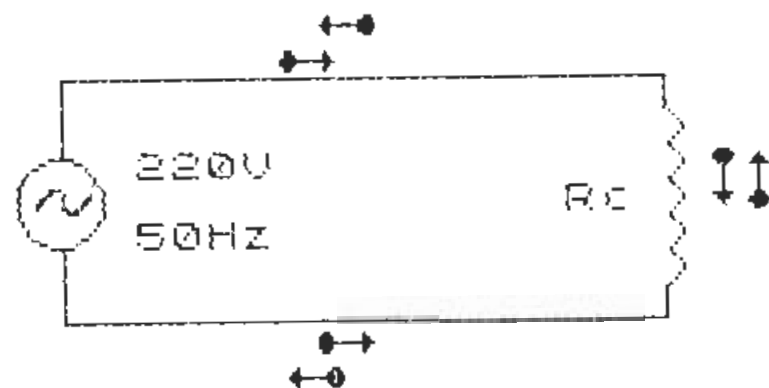



Figura 3/2

## *As formas de onda da tensão e da corrente*

Estamos crentes que o leitor não dispõe de um osciloscópio. É natural, pois, normalmente, só os laboratórios de investigação ou as boas oficinas de reparação de aparelhagem electrónica possuem tal equipamento.

Trata-se de um aparelho destinado, entre outros nobres fins, a mostrar as *formas das ondas geradas por tensões ou correntes.*

O elemento fundamental do osciloscópio é o tubo de raios catódicos, que o leitor já teve oportunidade de conhecer quando falámos do efeito termoiónico. Este órgão equipa também o seu televisor, embora o dispositivo electrónico que comanda o feixe de electrões, de forma a produzir no ecrã as imagens televisivas, seja distinto do dispositivo que, no osciloscópio, permite visualizar a forma de uma onda eléctrica.

Não se alarme, o leitor, pois não vamos modificar o seu televisor, transformando-o num osciloscópio: embora possível, está longe dos nossos intentos criar-lhe problemas familiares.

Mas o leitor possui um computador e esse infatigável amigo vai proporcionar-lhe uma simulação, através do Programa P 1.2, cuja listagem se seguirá.

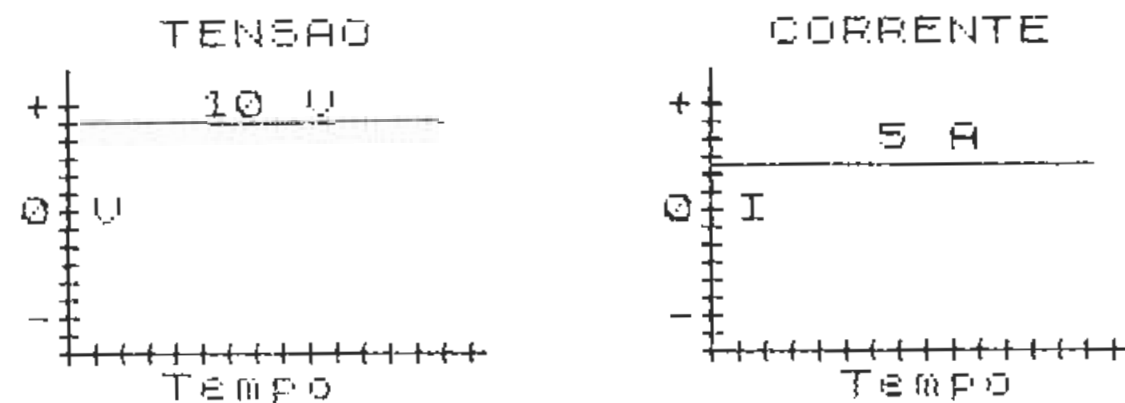
Mas antes, vejamos as figura 4/2 e 5/2 e falemos, um pouco, do que estas nos sugerem:



Figura 4/2

A figura 4/2 mostra-nos a forma de onda de uma tensão contínua e, do lado direito, a forma de onda da corrente gerada por essa tensão.

A coordenada vertical contém os valores da tensão e da corrente, os quais podem ser positivos ou negativos, conforme se situam acima ou abaixo de zero: admitamos, por hipótese, que a tensão era de +10 V e a corrente, de 5 A.

A coordenada horizontal representa o tempo de duração da tensão e o tempo, durante o qual a corrente circula.

Como podemos observar, a forma das ondas da tensão e da corrente são idênticas: um segmento de recta representa a forma de onda duma tensão contínua, o mesmo acontecendo para uma corrente contínua.

Enquanto a tensão mantiver a sua polaridade, isto é, enquanto o seu valor for positivo, a corrente mantém o mesmo sentido, embora o seu valor se altere *na razão directa do valor da tensão.* Esta regra faz parte da LEI DE OHM, que estudaremos em próximos parágrafos.

Se invertermos a polaridade, a tensão passará a ter o valor de −10 V. A corrente manterá o valor de 5 A e ambas as formas de onda conservarão a mesma configuração. No entanto, a corrente fluirá no sentido oposto.

A figura 5/2 mostra-nos a forma de onda da tensão de -10 V e a correspondente forma de onda da corrente resultante:

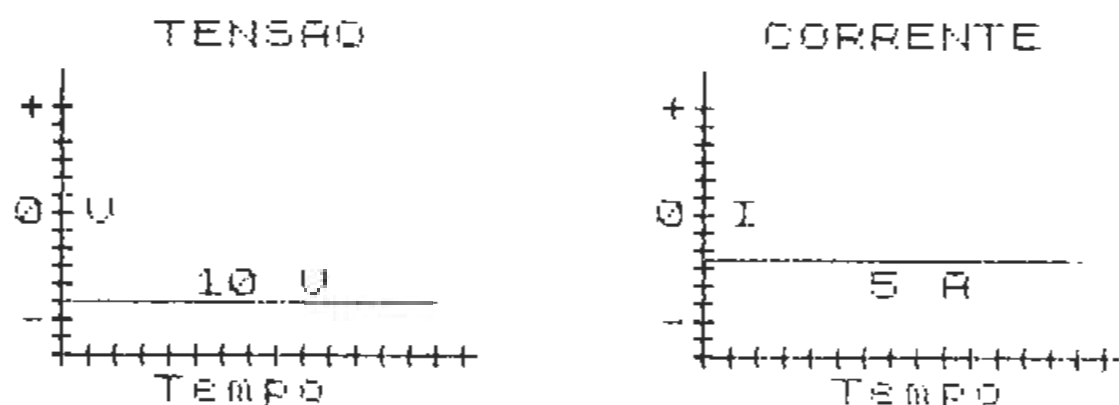



Figura 5/2

A aplicação de uma tensão alterna ao circuito, mostraria, no osciloscópio, uma forma de onda característica, denominada onda SINUSOIDAL. Cabe aqui esclarecer que uma sinusóide perfeita só se obtém a partir de uma tensão alterna pura, sem harmónicas, como é o caso da tensão de 220 V da rede de distribuição.

A figura 6/2 representa a forma de onda da tensão alterna e da corrente resultante, que, como o leitor pode observar, são iguais:

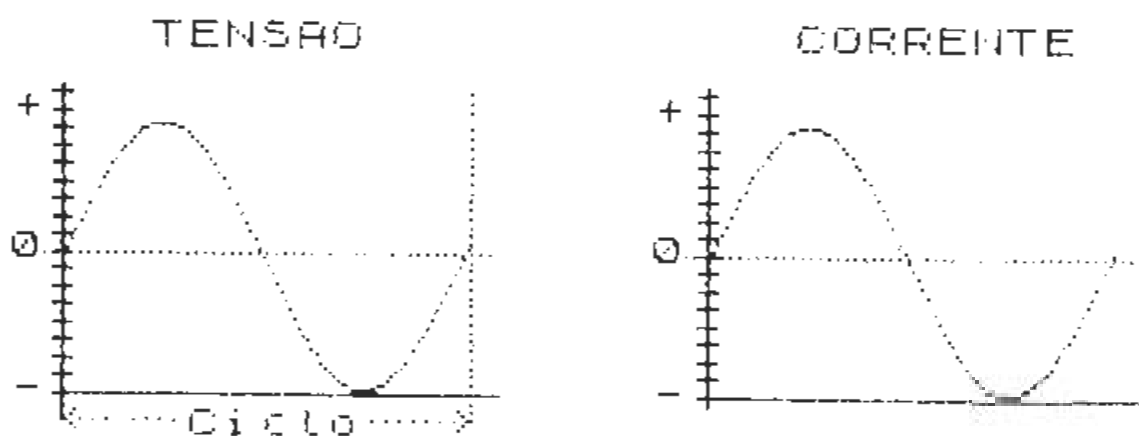



Figura 6/2

Vamos estudar a figura e procurar compreender a relação existente entre a sinusoide e a inversão da polaridade.



Imaginemos uma escala de tempos, a que chamaremos «ciclo», dividido em quatro partes iguais, portanto, em «quartos de ciclo». Acompanhemos agora o evoluir da tensão, desde o momento «zero», correspondente ao início do primeiro 1/4 de ciclo, até ao final do ciclo completo:

— momento «zero»: o valor da tensão é de 0 V;
— primeiro 1/4 : o valor da tensão sobe, até atingir o valor nominal fornecido pelo gerador;
— segundo 1/4 : o valor da tensão desce, até 0 V;
— terceiro 1/4 : o valor da tensão sobe, até atingir o valor nominal fornecido pelo gerador, mas agora com a polaridade invertida;
— quarto 1/4 : o valor da tensão desce, até 0 V.

Como se compreende, o sentido e o valor da corrente resultante acompanham o ciclo da tensão alterna aplicada ao circuito.

Como sabemos, a frequência de uma tensão alterna é medida em «ciclos por segundo», ou por períodos, tendo como unidades o Hertz, cujo símbolo é Hz: deste modo, a tensão representada na figura teria uma frequência de 1 Hz.

Vejamos o aspecto de uma tensão com uma frequência de 10 Hz:

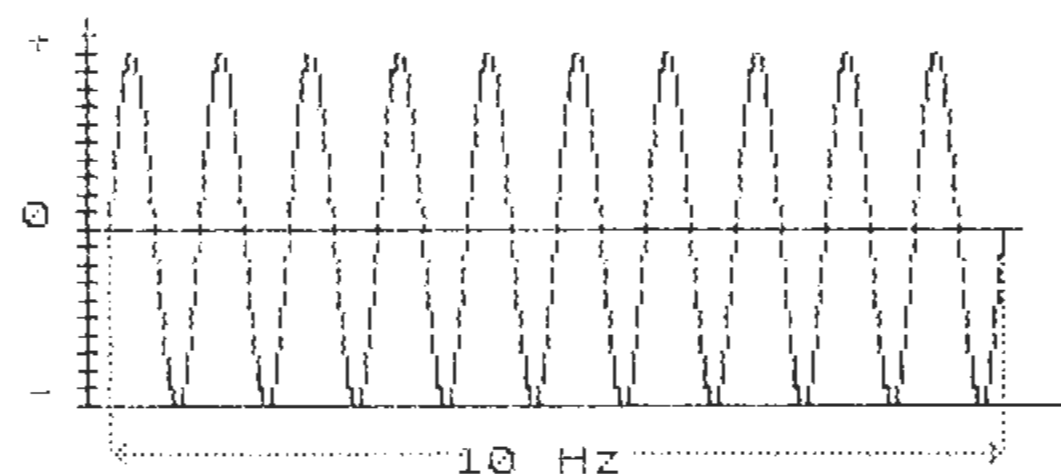



Figura 7/2

Segue-se a listagem do Programa P 1.2, cuja execução permite a visualização de tensões com várias frequências, bem como de algumas formas de onda especiais.

PROGRAMA P 1.2

```
   1 REM PROGRAMA P 1.2 AS FORMAS DE OND
A
  10 POKE 23693,32: BORDER 4: CLS
 100 CLS : PRINT AT 3,10;"O P C O E S"
 110 PRINT AT 6,1;"1 - Onda SINUSOIDAL"'
'" 2 - Onda QUADRADA"''" 3 - Onda DENTE
DE SERRA"''" 4 - Frequencias"''" 5 - Ter
minar"
 120 PRINT AT 18,0;"Prima o num. da  opc
ao escolhida"
 130 LET c=CODE INKEY$-48: IF c<1 OR c>5
 THEN  GO TO 130
 140 GO TO c*100+100
 200 CLS : FOR f=56 TO 188 STEP 4: PLOT
f,91: NEXT f: LET s=1: LET v=168
 210 FOR x=-90 TO 1 STEP s
 220 LET y=30*SIN (2*PI*x/90)
 230 PLOT v+x,90+y
 240 NEXT x
 250 PRINT AT 1,8;"ONDA SINUSOIDAL"
 260 GO SUB 1000: GO TO 100
 300 CLS : FOR f=48 TO 208 STEP 4: PLOT
f,79: NEXT f: LET x=64: LET y=79: PLOT x
,y
 310 RESTORE 340: FOR f=1 TO 9: READ a,b
: DRAW a,b: NEXT f
 320 PRINT AT 1,9;"ONDA QUADRADA"
 330 GO SUB 1000: GO TO 100
```



```
 340 DATA 0,32,32,0,0,-64,32,0,0,64,32,0
,0,-64,32,0,0,32
 400 CLS : FOR f=48 TO 204 STEP 4: PLOT
f,71: NEXT f: LET x=64: LET y=72: PLOT x
,y
 410 RESTORE 440: FOR f=1 TO 6: READ a,b
: DRAW a,b: NEXT f
 420 PRINT AT 1,5;"ONDA EM DENTE DE SERR
A"
 430 GO SUB 1000: GO TO 100
 440 DATA 24,24,0,-48,48,48,0,-48,48,48,
0,-24
 500 CLS : PRINT AT 2,4;"Frequencias dis
poniveis:"
 510 PRINT AT 6,1;"a)- 20 Hz"''" b)- 10
Hz"''" c)-  5 Hz"''" d)-  2 Hz"''" e)- O
PCOES"
 520 PRINT AT 18,0;"Prima a letra da opc
ao escolhida"
 530 LET c=CODE INKEY$: IF c<97 OR c>101
 THEN  GO TO 530
 540 IF c=97 THEN  LET f=5: LET b=2.5: L
ET s=.05: LET v=104: LET z=60: LET a$="2
0 Hz": GO TO 550
 542 IF c=98 THEN  LET f=10: LET b=2: LE
T s=.2: LET v=104: LET z=60: LET a$="10
Hz": GO TO 550
 544 IF c=99 THEN  LET f=20: LET b=2: LE
T s=.3: LET v=106: LET z=60: LET a$=" 5
Hz": GO TO 550
 546 IF c=100 THEN  LET f=40: LET b=2: L
ET s=.2: LET v=125: LET z=40: LET a$=" 2
 Hz": GO TO 550
 548 IF c=101 THEN  GO TO 100
 550 CLS : FOR i=2 TO 255 STEP 4: PLOT i
,88: NEXT i
```

```
555 FOR x=-40 TO z STEP s
560 LET y=40*SIN (2*PI*x/f)
565 PLOT v+x*b,88+y
570 NEXT x
575 GO SUB 2000: GO SUB 1000: GO TO 500
600 STOP
1000 INPUT "": PRINT #0;"        Prima qu
alquer tecla        ": PAUSE 0: RETURN
2000 PRINT AT 1,6;"FREQUENCIA DE ";a$: R
ETURN
9000 CLEAR : SAVE "ondas" LINE 1
9010 VERIFY "ondas": STOP
```

Introduza e grave o programa da forma habitual. Excepcionalmente, este programa não recorre ao conjunto de gráficos. Utiliza a função SENO para o cálculo das ondas sinusoidais e as instruções PLOT e DRAW para o desenho das restantes formas de onda.

A título meramente informativo, o programa mostra duas formas de onda não sinusoidais, características de algumas tensões presentes, frequentemente, nos circuitos electrónicos dos televisores, gravadores de vídeo ou de som.

Um quadro de OPÇÕES dá acesso às diferentes formas de onda e a uma gama de ondas sinusoidais com quatro frequências, à escolha do leitor.

## 2 — O circuito eléctrico

Neste momento, deve o leitor possuir uma noção, mesmo que elementar, do que é um CIRCUITO ELÉCTRICO. Temos vindo a referenciar circuitos em anteriores passagens do livro e, pensamos, ser chegada a altura de definir e concretizar este conceito.

Como definição, propomos a seguinte: CIRCUITO ELÉCTRICO É UM CONJUNTO COERENTE DE ELEMENTOS, LIGADOS DE FORMA A PERMITIR A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉCTRICA.



Para concretizarmos esta definição, diremos que um circuito eléctrico é constituído pelos seguintes elementos principais:

a) — uma fonte de alimentação
b) — uma carga
c) — um dispositivo de segurança
d) — um interruptor
e) — elementos de ligação

Analisemos cada um destes elementos:

a) *Fonte de alimentação*

Como sabemos, a fonte de alimentação poderá ser qualquer gerador de energia eléctrica, fornecendo tensão contínua ou alterna.

b) *Carga*

Qualquer dispositivo, equipamento ou aparelho que funcione por meio da energia eléctrica, pode constituir a «carga» de um circuito. Por outras palavras, diremos que *a carga oferece uma dada resistência à passagem da corrente eléctrica, cujo valor em Ohms varia consoante o tipo de aparelho.*

Existem dispositivos, denominados «resistências», cuja única função consiste no *controlo da corrente num circuito,* de forma a que esta tome o valor desejado. Como veremos durante o estudo da Lei de Ohm, as resistências, para além de controlarem a corrente, permitem, indirectamente, obter diferentes valores de tensão, dentro do mesmo circuito.

Não sendo «aparelhos», as resistências transformam a energia eléctrica numa outra forma de energia: «calor» — razão da aplicação de certos tipos de resistências na maioria dos equipamentos, domésticos ou industriais, destinados a gerar calor.

c) *Dispositivo de segurança*

Qualquer circuito deve estar protegido contra eventuais e prolongados aumentos do valor da corrente, que a tornem superior ao máximo admitido pelo próprio circuito.

Para o efeito, utilizam-se dispositivos de segurança, destinados a interromper o fornecimento da tensão ao circuito, se a corrente ultrapassar o valor previamente definido.

O mais vulgar dispositivo de segurança é o FUSÍVEL. Este, tal como o seu nome sugere, «funde-se», se a corrente que o atravessa atingir um valor superior ao da sua capacidade.

A capacidade dos fusíveis é indicada em Amperes: um fusível para 10 A fundir-se-á se a corrente for superior a 10 A. Mas, perguntará o leitor: «— Porque se funde o fusível?» A resposta está contida na explicação dada atrás sobre as resistências.

Os fusíveis são constituídos por um elemento metálico, geralmente arame à base de níquel, montado sobre um suporte isolante não inflamável. A corrente eléctrica, ao atravessar o fusível, provoca o aquecimento do elemento metálico: *se esse aquecimento, decorrente do aumento do valor da corrente, provocar uma temperatura superior à temperatura de fusão do elemento metálico, este funde-se.*

Um outro dispositivo de segurança, modernamente utilizado nas instalações, consiste no DISJUNTOR. Este pode ser «térmico» ou «electromagnético» e a sua função é idêntica à do fusível: interromper o fornecimento de tensão ao circuito, se a corrente ultrapassar certos limites.

O disjuntor térmico funciona pelo princípio do aumento de temperatura decorrente do aumento do valor da corrente: uma lâmina bimetálica deforma-se pela acção do calor e actua sobre um dispositivo mecânico que interrompe o fornecimento de tensão.

Quanto ao disjuntor electromagnético, falaremos dele quando estudarmos o electromagnetismo.

### d) *O interruptor*

Seria pouco prático e contra as mais elementares normas de segurança, desligarmos os fios condutores da fonte de alimentação, sempre que fosse necessário interromper a corrente num circuito.

Os interruptores cumprem essa função: cortam a tensão ao circuito, logo, *interrompem a passagem da corrente nesse circuito.*

Existem muitos tipos de interruptores e a escolha depende de vários factores, dos quais salientamos, como determinante, o valor da corrente que atravessa o interruptor.

Com efeito, quando queremos interromper o funcionamento de qualquer aparelho ou equipamento, desligamos o interruptor,



o qual, tanto pode estar instalado no próprio aparelho, como no circuito exterior de alimentação.

Esta acção de desligar o interruptor corresponde, para todos os efeitos, *a interromper a passagem da corrente eléctrica com o dispositivo mecânico do interruptor,* o que consiste na separação instantânea de dois (ou mais) contactos metálicos.

*O corte instantâneo da corrente conduz, invariavelmente, a uma brusca interrupção do fluxo de electrões, o que se traduz, na prática, por uma «descarga» electrónica entre os contactos.* Esta «descarga» manifesta-se sob a forma de uma «faísca» com elevada temperatura.

A intensidade da descarga é função do valor da corrente no momento do corte, isto é, da separação dos contactos metálicos: se a resistência mecânica dos contactos for insuficiente, estes *sofrem constante erosão, acabando por queimar-se.*

Podemos, portanto, concluir, que um interruptor concebido para um candeeiro de iluminação, não pode ser aplicado num aquecedor de 2000 W: enquanto que no primeiro a corrente é de cerca de 300 mA (0,3 A), no aquecedor pode atingir cerca de 10 A.

### e) *Elementos de ligação*

Os fios condutores, os pernos das fichas ou das tomadas, parafusos, porcas e anilhas, constituem os elementos de ligação de um circuito eléctrico.

Tal como para os interruptores, o factor que determina o «calibre» dos elementos de ligação, será o valor da corrente que o circuito vai suportar.

Lembramos ao leitor o que aprendeu sobre a influência da secção dos condutores na passagem da corrente eléctrica: está, assim, em condições de compreender o que acabámos de afirmar. Com efeito, se um circuito for atravessado por uma corrente elevada e se os condutores tiverem insuficiente secção, *a corrente passa, mas à custa de um grande aquecimento: a temperatura pode atingir valores tais, que provoquem a fusão dos condutores e o queimar do isolamento, côm eminente risco de incêndio.*

Logo, retomando o exemplo do candeeiro e do aquecedor, diríamos que, neste último, não podemos utilizar os mesmos condutores e restantes elementos de ligação aplicados no candeeiro, sob risco de rápida e progressiva deterioração do circuito.

*Os desenhos dos circuitos*

Servindo-nos dos símbolos que estudámos no primeiro capítulo, vamos construir dois circuitos tipo: o primeiro, será um circuito muito simples, composto pelos elementos que acabámos de descrever. O segundo, mais complexo, representará um circuito electrónico, destinado a amplificar sinais de audiofrequência, com origem num microfone ou num gira-discos monofónico.

Finalmente, apresentamos ao leitor o Programa P 2/2, por meio do qual poderá aprender as bases da programação de um circuito em BASIC e visualizar, no ecrã, um fusível no cumprimento da sua importante função: a segurança dos circuitos.

CIRCUITO SIMPLES

+ 12 V − Rc I F

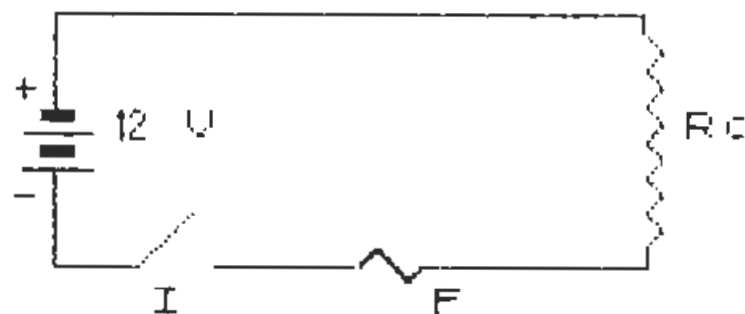



Figura 8/2

A figura 8/2 representa um circuito simples, composto por uma bateria de 12 V, uma resistência de carga Rc, um interruptor I e um fusível F.

O interruptor está aberto, pelo que a resistência não recebe tensão, logo, não existe corrente no circuito.

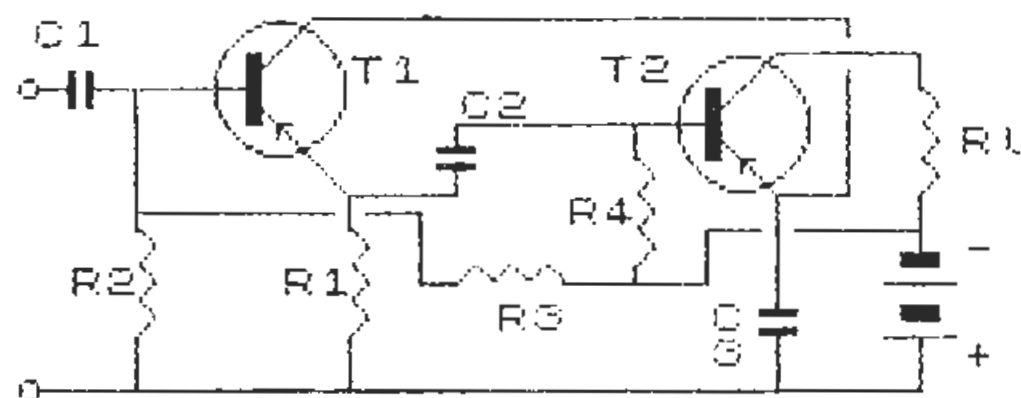



Figura 9/2



A figura 9/2 representa um circuito de amplificação de baixa frequência ou «audiofrequência» (frequências situadas, geralmente, entre os 30 Hz e os 15 000 Hz). O amplificador é constituído por dois transístores (T1 e T2), acoplados por resistências (R) e condensadores (C) e alimentados por duas pilhas.

PROGRAMA P 2.2

```
   1 REM PROGRAMA P 2.2
  50 DIM x$(32): CLS
 100 GO SUB 800: PRINT AT 5,6;"012";AT 6
,6;"012";AT 5,9;"B"
 110 FOR f=3 TO 8: PRINT AT f,24;"b": NE
XT f
 120 PRINT AT 9,16; INK 6;"#$": GO SUB
900
 130 PLOT 59,134: DRAW 0,22: DRAW 132,0:
 DRAW 0,-4
 140 PLOT 59,121: DRAW 0,-22: DRAW 19,0
 150 PLOT 78,99: DRAW 12,12
 160 PLOT 95,99: DRAW 31,0: PLOT 144,99:
 DRAW 48,0: DRAW 0,4
 170 PRINT AT 4,6;"+";AT 7,6;"-";AT 5,11
;"V"
 180 PRINT AT 5,25;"Rc";AT 10,10;"I";AT
10,18;"F"
 190 PRINT AT 0,8;"CIRCUITO SIMPLES"
 200 PRINT AT 14,1;"Prima I p/ fechar o
interruptor"
 210 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 210
 220 INVERSE 1: PLOT 78,99: DRAW 12,12:
INVERSE 0: PLOT 78,99: DRAW 16,0
 230 PRINT AT 14,0;x$
```

```
 240 PRINT AT 14,0;"O  interruptor  esta
' fechado, atensao e' aplicada a resiste
nciae a corrente circula normalmente"
 250 PRINT '"Vamos fazer um curto-circui
to :              Prima C"
 260 IF INKEY$<>"c" AND INKEY$<>"C" THEN
  GO TO 260
 270 FOR f=0 TO 1: PLOT 167+f,99: DRAW 0
,56: NEXT f
 280 GO SUB 800: FOR f=6 TO 2 STEP -1: P
RINT AT 9,16; INK f;"#$": BEEP .7,f*5: 
N
EXT f
 290 FOR f=1 TO 100: PRINT AT 9,16; FLAS
H 1;"#$": NEXT f
 300 PRINT AT 9,16;"  ": GO SUB 900
 310 FOR f=14 TO 20: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f
 320 PRINT AT 14,0;"Como seria previsive
l, o fusivelqueimou-se.Vamos desfazer o 
cur-to-circuito, abrir o interruptore su
bstituir o fusivel.";AT 20,12;"Prima R"
 330 IF INKEY$<>"r" AND INKEY$<>"R" THEN
  GO TO 330
 340 INVERSE 1: FOR f=0 TO 1: PLOT 167+f
,100: DRAW 0,55: NEXT f
 350 PLOT 78,99: DRAW 16,0: INVERSE 0: P
LOT 78,99: DRAW 12,12
 360 FOR f=14 TO 20: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f
 370 PRINT AT 14,0;"Prima F para colocar
 o fusivel:"
 380 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 380
 390 GO SUB 800: PRINT AT 9,16; INK 6;"#
$": GO SUB 900
```



```
 400 PRINT AT 14,0;x$
 410 PRINT AT 16,0;"Prima R para repetir
"'''"Prima A para acabar"
 420 IF INKEY$="R" OR INKEY$="r" THEN  R
UN
 430 IF INKEY$="A" OR INKEY$="a" THEN  S
TOP
 440 GO TO 410
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

9000 SAVE "circuito" LINE 9100
9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
9020 VERIFY "circuito": VERIFY "electgra
f"CODE : STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

Introduza o programa no computador e carregue os gráficos com a instrução directa «GO TO 9100»: a execução será automática e o ecrã apresentará uma imagem idêntica à da figura 8/2, com um texto alusivo às operações seguintes.

Se tudo funcionar correctamente, como é de prever se não houver erros de introdução, grave e verifique o programa em conjunto com os gráficos, o que é feito automaticamente, com comando directo «GO TO 9000».

## As resistências

Na rubrica dedicada ao circuito eléctrico, falámos de resistências e definimo-las como dispositivos destinados a controlar a corrente eléctrica num circuito.

Vamos, agora, desenvolver este tema, dado o relevante papel das resistências em, praticamente, todos os circuitos e, ainda, pelo carácter heterogéneo destes dispositivos, cujas características são determinadas pela finalidade da sua aplicação.

*Resistências fixas*

As resistências fixas possuem um valor permanente, em condições normais de funcionamento.

A constituição, natureza e dimensões dependem de vários factores, nomeadamente, do valor e da capacidade de dissipação térmica: como sabemos, a passagem da corrente eléctrica é acompanhada por um aumento de temperatura.

*Resistências de carvão*

As resistências fixas de carvão têm, em regra, a sua aplicação limitada aos circuitos electrónicos, em que os valores da corrente são, normalmente, muito baixos.

O elemento constituinte básico é a grafite e a forma é, geralmente, cilíndrica, com um elemento de ligação em cada extremo, constituído por um arame metálico.

A dimensão (diâmetro e comprimento) é, essencialmente, função da capacidade de dissipação térmica, a qual se expressa em Watt, cujo símbolo é W: uma resistência de carvão de 1 K (1 000 Ω), podendo dissipar 2 W, terá dimensões superiores às de uma resistência de valor idêntico, mas com uma potência de 0,5 W.

Dadas as pequenas dimensões características das resistências de carvão, torna-se difícil, aos fabricantes, gravarem ou imprimirem o valor respectivo de forma legível.

Assim, foi adoptado, internacionalmente, um código de cores, o qual é aplicado sob a forma de cintas coloridas, permitindo a leitura do valor e da respectiva tolerância.

Como o saber não ocupa lugar e para que o leitor não se sinta frustado quando examina o circuito impresso de qualquer aparelho, aqui fica o código de cores das resistências de carvão e o método de leitura:

Figura 10/2



A figura 10/2 representa uma resistência clássica de carvão, vendo-se o corpo cilíndrico, as quatro cintas para o código de cores e os arames de ligação (5).

A leitura é feita a partir da cinta 1, que nos dá o primeiro algarismo; a cinta 2 representa o segundo algarismo e a cinta 3 indica-nos o número de zeros a acrescentar. Eis o código:

Código de cores para resistências de carvão

| | | | |
|---|---|---|---|
| Preto | : 0 | Verde | : 5 |
| Castanho | : 1 | Azul | : 6 |
| Vermelho | : 2 | Violeta | : 7 |
| Laranja | : 3 | Cinzento | : 8 |
| Amarelo | : 4 | Branco | : 9 |
| Dourado | : 5% | Prateado | : 10% |

Exemplifiquemos:

Cinta 1 : castanho = 1
Cinta 2 : preto = 0
Cinta 3 : laranja = 3
Cinta 4 : dourado = 5%

O valor da resistência seria de 10 000 = 10 KΩ (10 000Ohms)

Cinta 1 : vermelho = 2
Cinta 2 : verde = 5
Cinta 3 : azul = 6
Cinta 4 : prateado = 10%

O valor seria, agora, de 25 000 000 = 25 MΩ = 25 milhões de Ohms.

Quanto às tolerâncias, teríamos, para o primeiro exemplo:

10 K + 5% = 10,5 KΩ
10 K — 5% = 9,5 KΩ

Para o segundo exemplo:

25 M + 10% = 27,5 MΩ
25 M — 10% = 22,5 MΩ

*Resistências bobinadas*

As resistências fixas bobinadas são constituídas por um enrolamento de arame sobre um material isolante, não inflamável.

O arame é constituído por um metal, ou por uma liga metálica, de elevado coeficiente de resistividade, de forma a oferecer o máximo de resistência para o menor comprimento. Os materiais mais vulgarmente utilizados no fabrico de resistências bobinadas são o ferro-níquel e o cromo-níquel.

As resistências bobinadas possuem um vasto campo de aplicação, desde a electrónica até aos electrodomésticos, pois facultam valores desde poucos ohms até cerca de 100 KΩ, e permitem uma elevada capacidade de dissipação térmica. Por outras palavras, tem a capacidade de suportar correntes elevadas, como é o caso dos aquecedores domésticos, cuja potência pode, facilmente, alcançar os 3 000 W.

*Resistências variáveis*

As resistências variáveis são dispositivos mecânicos que permitem, de forma progressiva, diminuir ou aumentar, o valor da resistência introduzido no circuito.

Assim, torna-se possível alterar o valor da corrente e, como veremos durante o estudo da Lei de Ohm, obter diferentes valores de tensão, isto sem ser necessário substituir uma resistência por outra de valor diferente.

As resistências variáveis denominam-se POTENCIÓMETROS ou REÓSTATOS, consoante a sua constituição e forma de aplicação no circuito. O leitor, diariamente, manipula os potenciómetros que comandam o volume do som no seu televisor ou no seu rádio, ou a tonalidade e o balanço da sua aparelhagem sonora.



*O potenciómetro*

Este é constituído por um elemento resistente, à base de grafite, sobre o qual desliza um contacto metálico. Na sua configuração clássica, o elemento resistente tem a forma de um anel e o contacto roda sobre um eixo situado no seu centro.

Modernamente, o anel é substituído por um elemento de forma rectangular e o contacto desliza longitudinalmente.

As figuras que se seguem esclarecerão, o leitor, quanto ao funcionamento dos potenciómetros:

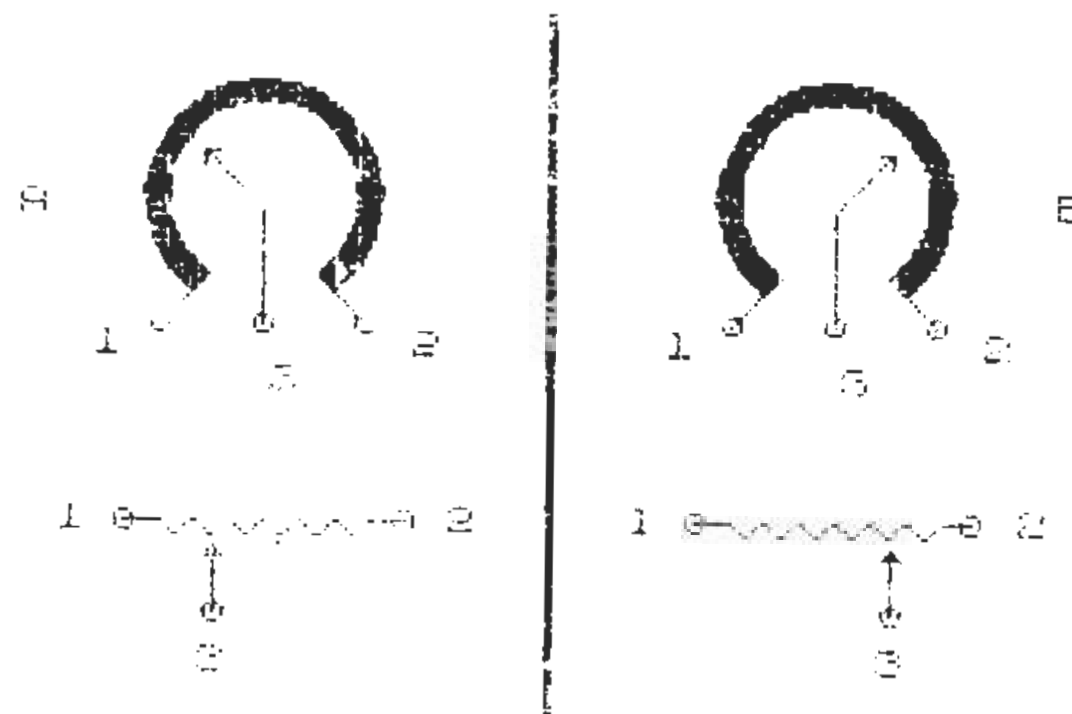



Figura 11/2

Tanto a figura 11/2-A, como a 11/2-B, representam um potenciómetro clássico de comando rotativo. Na parte superior, vemos uma representação simplificada, tendo, a cheio, o anel resistente, com os extremos ligados aos contactos 1 e 2. Ao centro, o cursor rotativo, ligado ao contacto 3.

Na parte inferior da figura, o mesmo potenciómetro desenhado com os símbolos utilizados nos esquemas eléctricos.

Qualquer potenciómetro possui um valor nominal de resistência, que é dado pelo valor do elemento resistente e que se mede entre os contactos 1 e 2. Admitamos que o nosso potenciómetro tem um valor nominal de 10 KΩ (10 000 ohms).

Reportando-nos à figura 11/2-A, vamos colocar o cursor junto ao contacto 1: esta será a posição inicial. Rodemos o cursor no sentido dos ponteiros do relógio, até este atingir o contacto 2: esta será a posição final.

Uma vez definidos estes parâmetros, vejamos o que se passa com o valor da resistência entre os diferentes contactos, para cinco posições do cursor:

Resistência entre contactos em KΩ

| | 1-2 | 3-1 | 3-2 |
|---|---|---|---|
| No início | 10 | 0 | 10 |
| a 1/4 | 10 | 2,5 | 7,5 |
| a meio | 10 | 5 | 5 |
| a 3/4 | 10 | 7,5 | 2,5 |
| no fim | 10 | 10 | 0 |

A análise deste quadro permite-nos concluir que a deslocação do cursor sobre o elemento resistente, introduz diferentes valores de resistência entre os contactos 3-1 e entre os contactos 3-2, sendo constante o valor da resistência entre os contactos 1-2, o qual corresponde ao valor nominal do potenciómetro.

Deste modo, conforme rodamos o cursor no sentido dos ponteiros do relógio, *a resistência aumenta entre os contactos 3-1 e diminui entre os contactos 3-2.*

Logicamente, se não existirem soluções de continuidade no elemento resistente, podemos obter qualquer valor de resistência entre os limites de 0 a 10 kΩ (no caso deste exemplo, como o leitor compreenderá).

Reportando-nos à figura 11/2-B e rodando, agora, o cursor no sentido inverso, obteríamos o quadro seguinte:

Resistência entre contactos em KΩ

| | 1-2 | 3-2 | 3-1 |
|---|---|---|---|
| No início | 10 | 0 | 10 |
| a 1/4 | 10 | 2,5 | 7,5 |
| a meio | 10 | 5 | 5 |
| a 3/4 | 10 | 7,5 | 2,5 |
| no fim | 10 | 10 | 0 |



Tal como as resistências, os potenciómetros de grafite têm grande aplicação nos circuitos electrónicos, podendo o seu valor nominal atingir os 20 MΩ.

Podem, igualmente, ser constituídos por um enrolamento metálico sobre um material isolante e o cursor pode ser rotativo ou de deslocação longitudinal e, tal como as resistências bobinadas, destinam-se a controlar correntes eléctricas elevadas. Estes potenciómetros são, usualmente, denominados reóstatos.

### *Aparelhos de medida e controlo*

Na rubrica dedicada aos símbolos convencionais, pôde o leitor tomar contacto com dois dos mais vulgares aparelhos de medida, o VOLTÍMETRO e o AMPERÍMETRO. Tal como o seu nome indica, o voltímetro destina-se a medir tensões e o amperímetro a medir correntes.

Os aparelhos de medida são instrumentos indispensáveis ao técnico, seja este profissional ou amador. Para além do conhecimento teórico que possuímos sobre o valor da tensão da rede, ou sobre a tensão da bateria, as restantes grandezas, existentes ou geradas pela corrente eléctrica num circuito, são, na maioria dos casos, desconhecidos.

Como o leitor já se apercebeu pelos exemplos apresentados, certos circuitos podem ser muito complexos, quando constituídos por variados e numerosos componentes. Embora possível, seria morosa e ingrata tarefa, calcular os valores da tensão ou da corrente em todos os pontos fundamentais, por exemplo, de um circuito gerador de linhas de um televisor.

Isso compete ao engenheiro que concebe e desenha tais circuitos. O técnico-reparador limita-se a verificar se, em determinados pontos do circuito, estão presentes os valores indicados no esquema do fabricante: esta acção só é exequível por meio dos adequados aparelhos de medida.

Quando um aparelho de medida faz parte integrante de um circuito, destina-se a desempenhar uma função de controlo. Por outras palavras, indica, permanentemente, os valores das grandezas existentes, permitindo controlar o funcionamento e eventualmente, corrigi-lo.

A designação dos aparelhos de medida encontra-se directamente relacionada com a grandeza a que estes se destinam:

— Voltímetro : medidor de tensão
— Amperímetro : medidor de corrente
— Ohmímetro : medidor de resistência
— Frequencímetro : medidor de frequência
— Wattímetro : medidor de potência

A configuração clássica dos aparelhos de medida consiste num quadrante graduado, sobre o qual se desloca um ponteiro ou agulha. A graduação é função da grandeza a medir, com uma escala proporcional ao campo de medição.

Modernamente, o quadrante é substituído por um ecrã de leitura digital e nos equipamentos para gravação de som é frequente o sistema de diodos luminescentes (leds) para controlar o volume.

## 3 — A Lei de Ohm

*A CORRENTE É DIRECTAMENTE PROPORCIONAL À TENSÃO E INVERSAMENTE PROPORCIONAL À RESISTÊNCIA*

Este é o enunciado da LEI DE OHM, que rege a relação, num circuito, entre *a corrente, a tensão e a resistência.*

Matematicamente, a Lei de Ohm expressa-se pelas fórmulas seguintes:

$I = \frac{V}{R}$ : A corrente é igual à tensão a dividir pela resistência

$V = I \times R$: A tensão é igual à corrente vezes a resistência

$R = \frac{V}{I}$ : A resistência é igual à tensão a dividir pela corrente



Deste modo, se forem conhecidas duas das grandezas, é sempre possível determinar a terceira. Um método eficaz para o leitor fixar estas fórmulas consiste na utilização do «Círculo da Lei de Ohm», apresentado na figura seguinte:

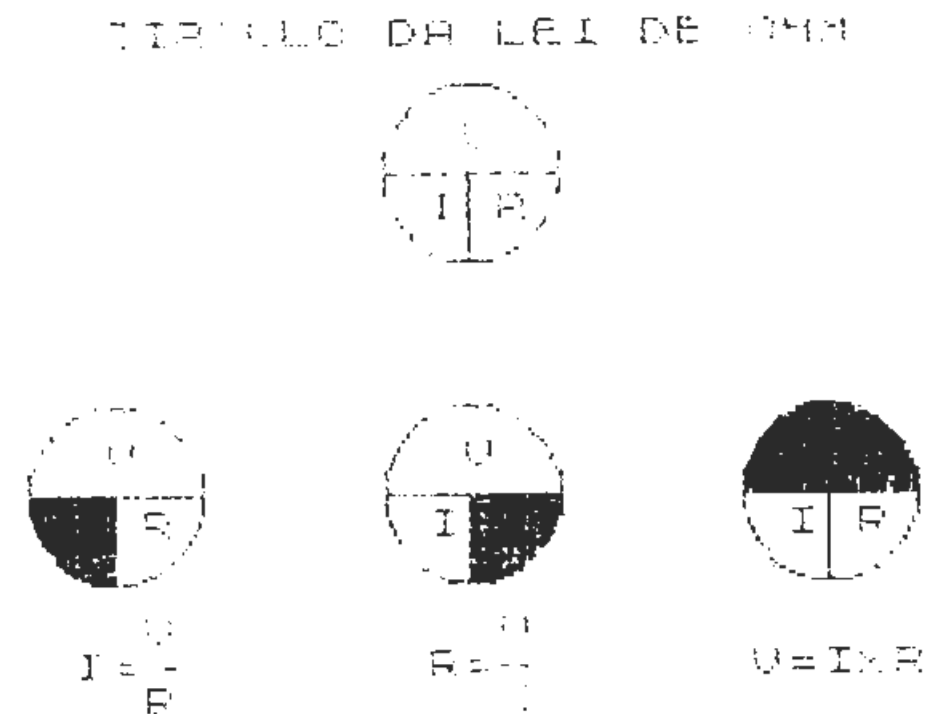



Figura 12/2

O funcionamento desta mnemónica é simples: se o leitor quiser conhecer a fórmula para a determinação da corrente, tape o sector inferior esquerdo: fica a descoberto V/R; para a resistência, tape o sector inferior direito: fica a descoberto V/I; para a tensão, tape o sector superior: fica a descoberto I x R.

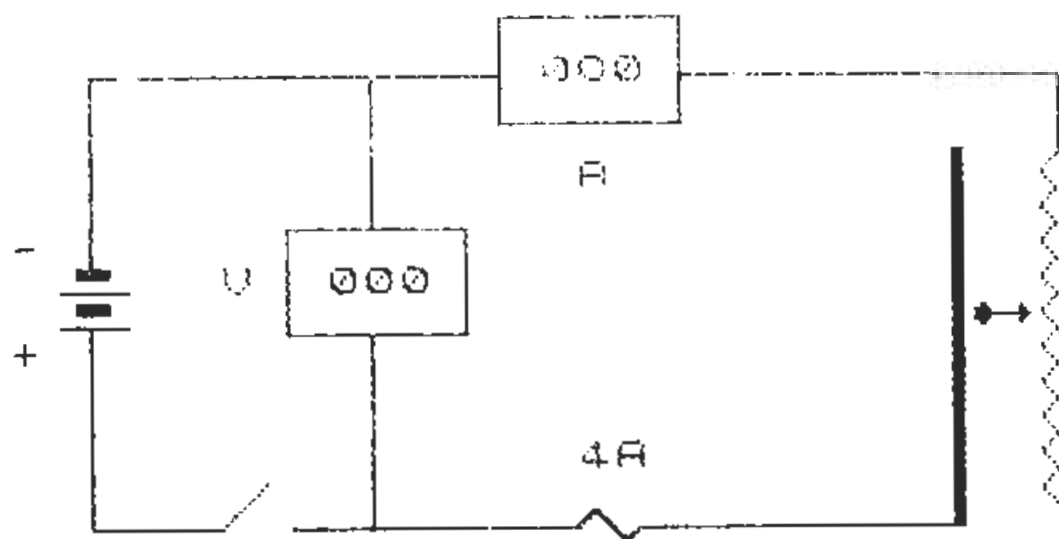
Passemos à prática, começando pelo desenho de um circuito simples, composto por uma bateria de 12 V, um interruptor, um fusível, um voltímetro, um amperímetro e um reóstato. A figura seguinte representa o nosso circuito, em que os aparelhos de medida são de leitura digital:

Prima I p/fechar o interruptor

Figura 13/2

O reóstato é do tipo bobinado, de cursor rectilíneo. Este está ligado à barra vertical e o seu contacto desliza sobre as espiras da resistência. Na situação representada pela figura 13/2, o interruptor está aberto, pelo que os aparelhos de medida não acusam qualquer valor.

Vamos proporcionar ao leitor um programa destinado a animar esta imagem. Poderá deslocar o cursor do reóstato à sua vontade e ler no amperímetro os diferentes valores da corrente, decorrentes da variação da resistência aplicada ao circuito.

Mas antes, sugerimos-lhe que pratique a Lei de Ohm, resolvendo alguns problemas bastante simples, cujas soluções encontrará no Apêndice 2 deste livro.

## PROBLEMAS C 2.1

1 — Um circuito alimentado por uma tensão de 12 V, tem como carga uma resistência de 2 Ω. Qual é o valor da corrente?

2 — Uma lâmpada com uma resistência de 100 Ω é alimentada por uma tensão de 50 V. Qual o valor da corrente que atravessa a lâmpada?



3 — Um ferro de engomar com uma resistência de 55 Ω é atravessado por uma corrente de 4 A. Qual o valor da tensão de alimentação?

4 — Uma tensão de 220 V alimenta um aquecedor, provocando uma corrente de 10 A. Qual é a resistência do aquecedor?

## PROGRAMA P 3.2

```
   1 REM PROGRAMA P 3.2 A LEI DE OHM
  10 DIM x$(32): CLS : GO SUB 5000
  20 LET volt=12: LET fus=4
 100 PLOT 63,79: DRAW 40,0: DRAW 0,24: D
RAW -40,0: DRAW 0,-24
 110 PLOT 111,127: DRAW 40,0: DRAW 0,24:
 DRAW -40,0: DRAW 0,-24
 120 GO SUB 800: PRINT AT 10,1;"012";AT
11,1;"012";AT 17,16;"#$"
 130 FOR f=7 TO 16: PRINT AT f,29;"9": N
EXT f: GO SUB 900
 140 PLOT 19,94: DRAW 0,44: DRAW 91,0: P
LOT 151,138: DRAW 85,0: DRAW 0,-18
 150 PLOT 82,104: DRAW 0,34: PLOT 82,79:
 DRAW 0,-44
 160 PLOT 64,35: DRAW 64,0: PLOT 144,35:
 DRAW 68,0: FOR f=0 TO 2: PLOT 212+f,35:
 DRAW 0,86: NEXT f
 170 PLOT 19,81: DRAW 0,-46: DRAW 28,0
 180 PRINT AT 9,0;"-";AT 12,0;"+";AT 10,
6;"V";AT 7,16;"A";AT 15,16;"4A"
 190 GO SUB 200: GO TO 210
 200 PLOT 48,35: DRAW 10,10: RETURN
 210 GO SUB 800: PRINT AT 11,27;"QR": GO
SUB 900
```

```
 220 PRINT AT 4,15;"000";AT 10,9;"000"
 230 PRINT AT 21,0; INVERSE 1;" Prima I
p/fechar o interruptor "
 240 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 240
 250 INVERSE 1: GO SUB 200: INVERSE 0: G
O SUB 260: GO SUB 300: GO TO 400
 260 PLOT 48,35: DRAW 16,0: RETURN
 300 PRINT AT 21,0;x$: RETURN
 400 PRINT AT 10,9;"012": LET x=11: LET
a=5: PRINT AT 4,15;i$(a);AT x,22;"R=";AT
 11,24;r(a): GO SUB 800: PRINT AT x,27;"
QR": GO SUB 1000
 410 LET c=CODE INKEY$: IF c<48 OR c>55
THEN  GO TO 410
 420 IF c=54 THEN  GO TO 2000
 430 IF c=55 THEN  GO TO 3000
 440 IF c=48 THEN  STOP
 450 IF c=49 THEN  CLS : GO TO 20
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

1000 GO SUB 900: PRINT AT 19,0; INVERSE
1;" Mova o cursor com teclas 6 e 7 ": RE
TURN
2000 IF a>=10 THEN  LET x=16: LET a=10:
GO TO 2020
2010 LET a=a+1: LET x=x+1
2020 GO SUB 800: PRINT AT x-1,27;"  ";AT
 x,27;"QR": GO SUB 900: PRINT AT 4,15;i$
(a);AT x-1,24;"  ";AT x,24;("0"+STR$ r(a
) AND r(a)<10)+(STR$ r(a) AND r(a)>=10)
2030 PRINT AT x-1,22;"  ";AT x,22;"R="
2040 PAUSE 0: GO TO 410
3000 IF a<=1 THEN  LET x=7: LET a=1: GO
```



```
TO 3020
3010 LET a=a-1: LET x=x-1
3020 GO SUB 800: PRINT AT x+1,27;"  ";AT
 x,27;"QR": GO SUB 900: PRINT AT 4,15;i$
(a);AT x+1,24;"  ";AT x,24;("0"+STR$ r(a
) AND r(a)<10)+(STR$ r(a) AND r(a)>=10)
3030 PRINT AT x+1,22;"  ";AT x,22;"R="
3040 LET i=volt/r(a): IF i>fus THEN  GO
TO 4000
3050 PAUSE 0: GO TO 410
4000 PRINT AT 19,0;x$
4010 PRINT AT 19,0; BRIGHT 1;"O valor da
 corrente e'superior acapacidade do fusi
vel : este vai            queimar-se !
     "

4020 GO SUB 800: FOR f=6 TO 2 STEP -1: P
RINT AT 17,16; INK f;"#$": BEEP .5,f*3:

PAUSE 10: NEXT f
4030 FOR f=1 TO 100: PRINT AT 17,16; FLA
SH 1;"#$": NEXT f: PRINT AT 17,16;"  "
4040 PAUSE 100: GO SUB 4500: GO SUB 900
4050 PRINT AT 19,0; INVERSE 1;"Desligue
o interruptor e substi-tua o fusivel por
 outro de maiorcapacidade.     Prima D
     "

4060 IF INKEY$<>"d" AND INKEY$<>"D" THEN
  GO TO 4060
4070 INVERSE 1: GO SUB 260: INVERSE 0: G
O SUB 200: PRINT AT 4,15;"000";AT 10,9;"
000"
4080 GO SUB 4500: PRINT AT 19,2;"Prima F
 para mudar o fusivel"
4090 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 4090
4100 GO SUB 800: PRINT AT 17,16;"#$": G
```

```
O SUB 900: PRINT AT 15,16;"7A"
4110 GO SUB 4500: PRINT AT 19,3;"E agora
 feche o interruptor : Prima I"
4120 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 4120
4130 INVERSE 1: GO SUB 200: INVERSE 0: G
O SUB 260
4140 GO SUB 4500: GO SUB 1000: GO SUB 46
00: LET fus=7
4150 PRINT AT x,22;"    ";AT x,27;"  ":
GO TO 400
4500 FOR f=19 TO 21: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f: RETURN
4600 PRINT AT 21,1;"Prima 0 p/acabar 1 p
/recomecar": RETURN
5000 DATA 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20
5010 DIM r(10): RESTORE 5000: FOR f=1 TO
 10: READ r(f): NEXT f
5020 DATA "6,0","3,0","2,0","1,5","1,2"
5030 DATA "1,0","0,9","0,8","0,7","0,6"
5040 DIM i$(10,3): RESTORE 5020: FOR f=1
 TO 10: READ i$(f): NEXT f: RETURN
9000 CLEAR : SAVE "leiohm" LINE 9100
9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
9020 VERIFY "": VERIFY ""CODE : STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

Introduza o programa com a necessária atenção e grave-o com o comando directo «GO TO 9000», após ter carregado os gráficos «electgraf» com o comando «GO TO 9100». O programa arrancará, mostrando, no ecrã, a imagem da figura 13/2.

Conforme lhe é indicado, prima a tecla «I» (maiúsculo ou minúsculo) para fechar o interruptor. Nessa altura, a tensão da bateria é aplicada ao circuito e o leitor assistirá a vários eventos:

a) — o voltímetro indicará 12 V, que é a tensão da bateria;



b) — o amperímetro indicará 1,2 A, que é o valor da corrente, para o valor da resistência introduzida pelo reóstato, na posição em que o cursor se encontra;

c) — à esquerda da barra do reóstato aparece a indicação do valor dessa resistência, que, no caso, é de 10Ω;

d) — na base do circuito, aparecerá uma legenda, informando o leitor das teclas que terá de premir, para movimentar o cursor: tecla «6» para aumentar o valor da resistência e tecla «7» para baixar o seu valor.

A movimentação do cursor é acompanhada por duas indicações:

— o valor da resistência introduzida pelo reóstato é indicado à esquerda da barra vertical, alinhado com a posição do cursor;

— o valor da corrente que atravessa o circuito, para cada valor de resistência, é indicado no amperímetro.

Por razões de simplificação, optámos pelo arredondamento dos valores da corrente, pelo que o nosso amperímetro se limita a uma casa decimal. O quadro seguinte contém os valores a 6 casas decimais, obtidos através da aplicação da fórmula já nossa conhecida, bem como os arredondamentos introduzidos pelo programa:

$$I = \frac{V}{R}$$

| Tensão V | Resistência Ω | Corrente A | Arredondamento |
|---|---|---|---|
| 12 | 2 | 6,000000 | 6,0 |
| 12 | 4 | 3,000000 | 3,0 |
| 12 | 6 | 2,000000 | 2,0 |
| 12 | 8 | 1,500000 | 1,5 |
| 12 | 10 | 1,200000 | 1,2 |
| 12 | 12 | 1,000000 | 1,0 |
| 12 | 14 | 0,857142 | 0,9 |
| 12 | 16 | 0,750000 | 0,8 |
| 12 | 18 | 0,666666 | 0,7 |
| 12 | 20 | 0,600000 | 0,6 |

Como o leitor constatará, o circuito está protegido por um fusível para 4 A. Torna-se evidente que, se a corrente no circuito atingir um valor superior a esta capacidade, o fusível cumprirá a sua função: queimar-se-á, mas os restantes componentes nada sofrerão (*noblesse oblige*)...

Como respeitadores, que somos, dos direitos e deveres dos componentes, preparámos o programa para uma eventual distração do leitor (natural, pela sua inexperiência), que, ao manipular o reóstato, provocasse uma corrente superior a 4 A.

É o que acontecerá se baixar o valor da resistência para além de 4 Ω: a corrente subirá para 6 A e o fusível passará do amarelo ao vermelho (se o seu televisor for a cores) e fundir-se-á.

O programa encarrega-se de lhe prestar a necessária assistência, nesta eventualidade: o leitor será aconselhado a substituir o fusível por outro de maior capacidade, capaz de suportar uma corrente de 7 A. Esta operação será efectuada na observância das mais elementares normas de segurança e o circuito ficará preparado para trabalhar com correntes, cujos valores poderão oscilar entre 0,6 A e 6 A.

### *Potência num circuito*

A potência em qualquer ponto de um circuito é a relação entre a tensão e o valor da corrente que atravessa esse mesmo ponto. A potência «P» mede-se em WATTS e tem por símbolo W.

Esta relação é determinada pela seguinte fórmula:

$W = V \times I$: a potência é igual à tensão vezes a corrente

da qual podemos deduzir:

$V = \frac{W}{I}$ : a tensão é igual à potência a dividir pela corrente

$I = \frac{W}{V}$ : a corrente é igual à potência a dividir pela tensão



Assim, um aquecedor eléctrico alimentado por uma tensão de 220 V e percorrido por uma corrente de 10 A, terá uma potência de:

$W = V \times I : W = 220 \times 10: W = 2\,200$

A potência está directamente relacionada com o que, vulgarmente, se denomina por «consumo». Por outras palavras, quando dizemos que *um aquecedor tem 2 200 W de potência, queremos significar que esse aquecedor consome 2 200 W por hora.*

Este conceito conduz-nos a uma aplicação prática, que, por certo, interessará o leitor: a possibilidade de conhecer, em termos monetários, *o consumo de qualquer aparelho ou equipamento, durante um determinado período de tempo.*

Exemplifiquemos, por meio de duas situações concretas:

— Admitamos que o leitor possui um aparelho, cuja placa de características indica 2 000 W, ou sejam 2 kW. Isto significa que o aparelho consome 2 kW por cada hora de funcionamento;

— Consideramos o custo do kW/hora a 12$00 (incluindo IVA, taxas, etc.)

Nestas condições, se mantiver o seu aquecedor ligado durante 8 horas por dia, terá uma despesa de 1 536$00 por mês:

| | |
|---|---|
| 2 kW x 12$00 | = 24$00 por hora |
| 24$00 x 8 horas | = 192$00 em 8 horas |
| 192$00 x 30 dias | = 1 536$00 por mês |

— Admitamos, agora, que tem uma lâmpada de 75 W, acesa durante 4 horas por dia. O consumo da lâmpada custar-lhe-á 108$00 por mês:

| | |
|---|---|
| 75 W | = 0,075 kW |
| 0,075 x 12$00 | = $90 por hora |
| $90 x 4 horas | = 3$60 em 4 horas |
| 3$60 x 30 dias | = 108$00 por mês |

Esperamos que estes exemplos ajudem o leitor a controlar os seus consumos de energia eléctrica ou, pelo menos, que sirvam para explicar o montante de certas facturas...

### *A potência e a Lei de Ohm*

Se associarmos as fórmulas da Lei de Ohm às fórmulas da potência e sendo conhecidas duas das grandezas intervenientes, estamos aptos a determinar o valor das restantes.

Vamos estudar dois exemplos, após o que, propomos ao leitor a resolução de três problemas, orientados para o quotidiano.

*Exemplo 1*

— Uma resistência de 100 Ω é atravessada por uma corrente de 0,2 A. Qual é a potência da resistência?

Calculemos a tensão:

$V = I \times R : V = 0{,}2 \times 100 : V = 20$

Calculemos a potência:

$W = V \times I : W = 20 \times 0{,}2 : W = 4$

*Exemplo 2*

— Um aquecedor esteve ligado durante 2 horas a uma tensão de 220 V, tendo originado uma despesa de 72$00. Qual o valor da resistência do aquecedor?

Calculemos a potência:

72$00 / 2 horas = 36$00 por hora
36$00 / 12$00 = 3 kW



Calculemos a corrente:

$$I = \frac{W}{V} : I = 3\,000 / 220 : I = 13{,}6 \text{ A}$$

Calculemos a resistência:

$$R = \frac{V}{I} : R = 220 / 13{,}6 : R = 16{,}2\ \Omega$$

PROBLEMAS C 2.2 (1 kW = 12$00)

5 — Qual a despesa originada por uma resistência de 110 Ω, ligada a uma tensão de 220 V, durante 5 horas?

6 — Um televisor esteve ligado durante 8 horas à tensão de 220 V sendo a sua potência de 150 W. Qual o valor da corrente e a despesa originada?

7 — Um aparelho ligado durante 10 horas originou uma despesa de 2 200$00. Qual a resistência desse aparelho?

## 4 — As montagens dos circuitos

Já vimos a constituição básica de um circuito e, também, um circuito complexo, constituído por diferentes e numerosos componentes.

A ligação dos componentes para formação de circuitos pode tomar formas distintas, consoante a finalidade e os resultados que se pretende obter.

Tomemos como exemplo a instalação doméstica: a partir do contador, temos o quadro de distribuição, com os dispositivos de corte e segurança; seguem-se vários grupos de condutores, bifilares ou trifilares, conforme a existência de um terceiro condutor para ligação à terra. Estes condutores levam a tensão de 220 V 50 Hz às tomadas e interruptores distribuídos pelas diversas dependências do apartamento.

O tipo de montagem utilizado na distribuição doméstica é a chamada MONTAGEM EM PARALELO, em que a tensão nas tomadas e interruptores é idêntica à tensão existente nos condutores de distribuição.

Nada melhor que um diagrama para a compreensão deste conceito:

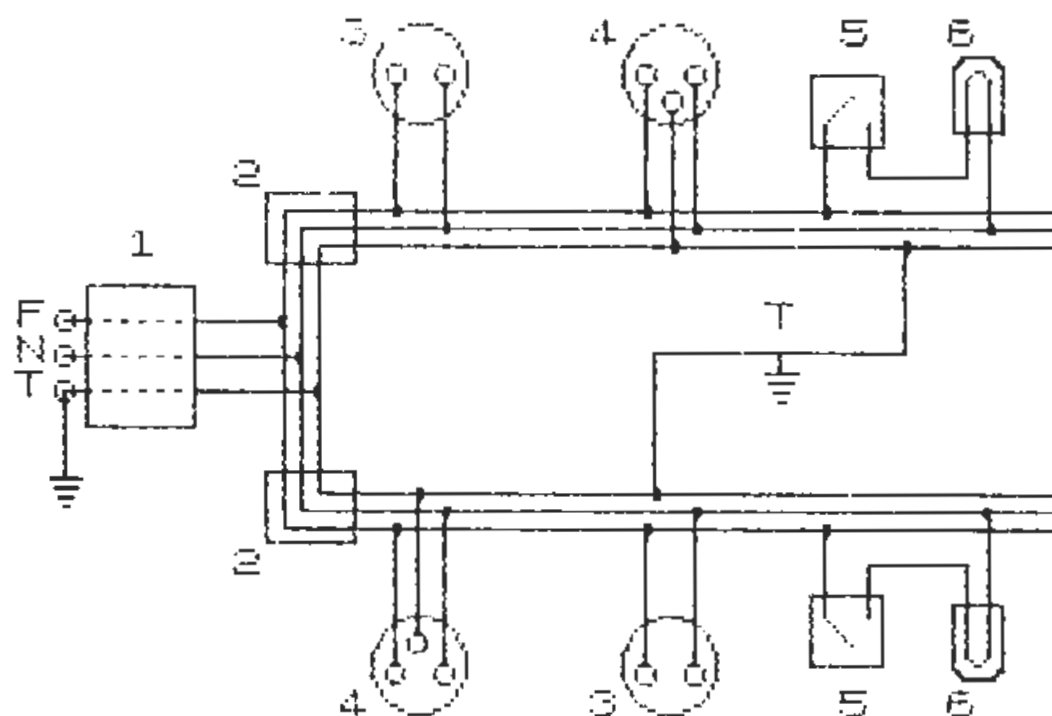



Figura 14/2

A figura representa um esquema de distribuição doméstica de energia eléctrica, a partir dos cabos de ligação ao contador de consumo, com origem na rede de distribuição ao edifício.

*LEGENDA*

F : condutor FASE
T : condutor TERRA
2 : disjuntores
4 : tomadas tripolares
6 : lâmpadas de incandescência
N : condutor NEUTRO
1 : contador de consumo
3 : tomadas bipolares
5 : interruptores

Reportando-nos à figura 7/1, diríamos que este esquema vem na sequência do anterior diagrama, iniciando-se no quadro de dis-



tribuição «E», o qual, no presente diagrama, está constituído pelos disjuntores «2» da figura 14/2.

Relativamente ao diagrama anterior, o leitor notará a presença de mais um condutor — a TERRA, com a referência «T». Este condutor está, normalmente, presente nas instalações modernas, com aplicação nas tomadas tripolares, destinadas à ligação de equipamentos ou aparelhos que exigem condições de segurança: máquinas de lavar, frigoríficos e outros eléctrodomésticos.

O esquema da figura 14/2 está, obviamente, simplificado, pois um apartamento vulgar com duas ou três assoalhadas possui, pelo menos, 4 tomadas bipolares (duas em cada quarto), 2 tomadas tripolares (na cozinha) e 1 interruptor para iluminação em cada dependência, para além de outros instalados em corredores, «hall» de entrada, etc.

Os quadros de distribuição modernos estão munidos de 2 ou mais circuitos (o nosso exemplo tem dois circuitos), consoante o número de dependências. A distribuição por vários circuitos apresenta múltiplas vantagens, das quais podemos salientar:

a) — melhor distribuição das cargas, em função da energia normalmente consumida em dependência específicas: as cozinhas, com as máquinas de lavar e frigoríficos, consomem, em regra, mais energia, que as salas ou os quartos de cama;
b) — possibilidade de dividir o apartamento em zonas distintas, cada uma com o seu disjuntor: esta circunstância impede que um eventual curto-circuito numa das dependências, corte a energia em todo o apartamento.

Voltando à montagem dos circuitos, diremos, agora, que o esquema de distribuição doméstico é um caso típico de «montagem em paralelo»: como o leitor constatará, *todas as tomadas e interruptores estão ligados à fonte de alimentação que, no caso, são os condutores «fase», «neutro» e «terra».*

Vejamos o esquema representado sob a forma de circuitos, em que as tomadas serão substituídas por resistências de carga (tal como se tivessemos ligado qualquer aparelho). As lâmpadas serão, também, resistências, cada uma com o seu interruptor.

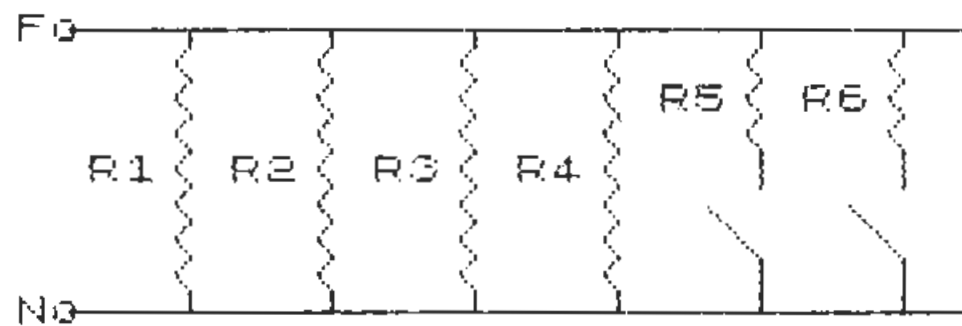



Figura 15/2

As resistências de carga R1-R2-R3-R4 representam aparelhos ligados às quatro tomadas e R5-R6 representam as duas lâmpadas com os respectivos interruptores. O condutor de terra não está representado, pois não teria qualquer utilidade incluí-lo neste tipo de diagrama.

Entre a fase e o neutro existe uma tensão de 220 V 50 Hz, o mesmo acontecendo entre os extremos de cada resistência: no caso das lâmpadas, seria, obviamente, necessário fechar os interruptores.

Pensamos que esta figura terá contribuído para eliminar quaisquer dúvidas que, no espírito do leitor, pudessem subsistir, quanto ao conceito de «montagem em paralelo».

### *A montagem em paralelo e a Lei de Ohm*

Sabemos que a tensão aplicada às diferentes cargas *é igual à tensão de alimentação do circuito*. Fácil será deduzir, recorrendo à Lei de Ohm, o valor da corrente através de cada carga, uma vez reconhecida a respectiva resistência.

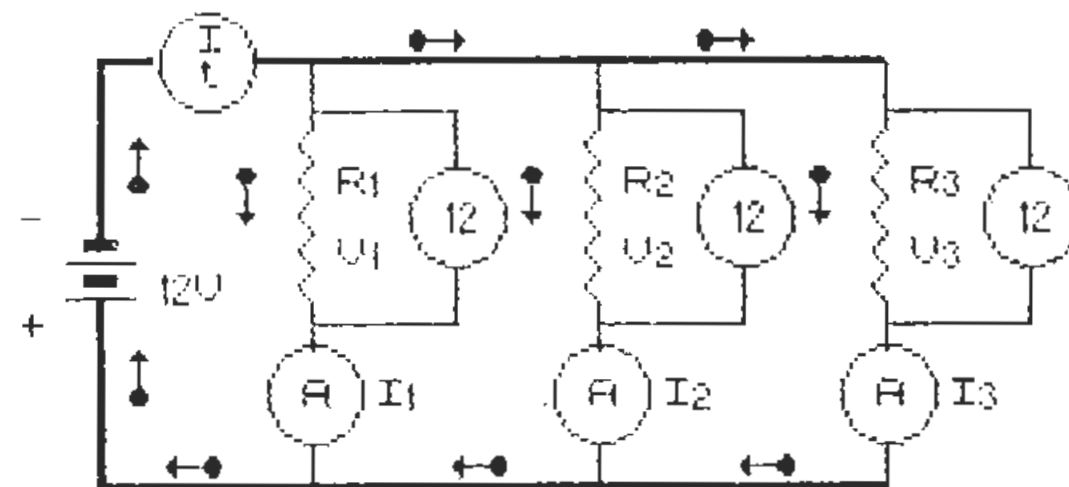
O circuito representado na figura 15/2 vai ser modificado, pois iremos trabalhar com tensões contínuas e, por outro lado, vamos precisar de espaço para instalar aparelhos de medida:



Figura 16/2

Temos representado um circuito com montagem em paralelo. É constituído por uma bateria de 12 V, pelas resistências R1-R2-R3, por três voltímetros e por quatro amperímetros. O interruptor está fechado e a corrente circula normalmente.

Vamos atribuir valores às resistências e ver o que se passa relativamente às tensões e às correntes:

$$R1 = 20\ \Omega \qquad R2 = 40\ \Omega \qquad R3 = 60\ \Omega$$

Utilizando a Lei de Ohm e sabendo que a tensão aplicada a cada resistência é igual à tensão da bateria, determinemos o valor da corrente que atravessa cada uma:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I1 = \frac{V1}{R1} : I1 = \frac{12}{20} : I1 = 0{,}6\ A$$

$$I2 = \frac{V2}{R2} : I2 = \frac{12}{40} : I2 = 0{,}3\ A$$

$$I3 = \frac{V3}{R3} : I3 = \frac{12}{60} : I3 = 0{,}2\ A$$

Como o leitor acaba de constatar, a corrente toma valores diferentes, conforme o valor da resistência em carga, fluindo através de todo o circuito. O valor da corrente total no circuito, medida pelo amperímetro «It», *será igual à soma dos valores das corrente que atravessam as diferentes resistências:*

$$It = I1 + I2 + I3 : It = 0,6 + 0,3 + 0,2 : It = 1,1\ A$$

A Lei de Ohm faculta-nos, mais uma vez, a determinação de uma das grandezas, desde que conhecidos os valores das duas restantes. Deste modo, se conhecessemos o valor de cada resistência, seria fácil determinar a tensão aplicada:

$$V1 = I1 \times R1 : V1 = 0,6 \times 20 : V1 = 12$$

$$V2 = I2 \times R2 : V2 = 0,3 \times 40 : V2 = 12$$

$$V3 = I3 \times R3 : V3 = 0,2 \times 60 : V3 = 12$$

Falta-nos conhecer a resistência total do circuito. Esta pode ser calculada recorrendo à Lei de Ohm, ou pela «fórmula dos inversos». Vejamos os dois processos:

Lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$Rt = \frac{V}{It} : Rt = \frac{12}{1,1} : Rt = 10,9$$

Fórmula dos inversos:

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} : \frac{1}{Rt} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{60}$$

$$\frac{1}{Rt} = \frac{6}{120} + \frac{3}{120} + \frac{2}{120} = \frac{11}{120} : Rt = \frac{120}{11}$$

$$Rt = 10,9$$



Vamos proporcionar ao leitor um programa, por meio do qual poderá determinar, num circuito com montagem em paralelo, o valor da corrente em três resistências, o valor da corrente total (It) e valor da resistência total (Rt). Mas antes, propomos-lhe a resolução de mais alguns problemas, cujas soluções encontrará no Apêndice 2:

## PROBLEMAS C 2.3

8 — Quais os valores da corrente total e da resistência total num circuito, ao qual estão ligadas a uma tensão de 24 V três resistências, respectivamente com 15, 20 e 30 Ω?

9 — A uma tensão de 220 V temos ligados dois aparelhos que dão origem a uma It de 10 A. Um dos aparelhos tem 20 Ω de resistência. Calcule a resistência do outro aparelho e os valores da corrente em cada um.

10 — Um aquecedor e um aspirador, respectivamente com 2 e 20 Ω de resistência, dão origem a uma It de 122 A. Calcule o valor da tensão aplicada aos aparelhos e o valòr da corrente em cada um.

```
PROGRAMA P 4.2


   1 REM MONTAGEM EM PARALELO PROGRAMA P
 4.2
  10 POKE 23609,20: CLS
  20 LET v=12: DIM x$(32)
 100 GO SUB 800: PRINT AT 9,2;"012";AT 1
0,2;"012";AT 9,5;"B";AT 16,16;"#$"
 110 LET c=106: FOR f=12 TO 28 STEP 8: P
RINT AT 8,f;CHR$ c: LET c=c+1: NEXT f
```

```
 120 LET c=106: FOR f=9 TO 25 STEP 8: PR
INT AT 13,f;CHR$ c: LET c=c+1: NEXT f
 130 FOR f=6 TO 10: FOR g=13 TO 29 STEP
8: PRINT AT f,g;"b": NEXT g: NEXT f
 140 GO SUB 900: FOR f=11 TO 27 STEP 8:
PRINT AT 8,f;"R";AT 13,f-3;"I": NEXT f:
PRINT AT 9,6;"V"
 150 PRINT AT 8,1;"-";AT 11,1;"+";AT 6,7
;"It";AT 15,15;"50 A"
 160 FOR f=0 TO 1: PLOT 27+f,103: DRAW 0
,36: PLOT 27+f,88: DRAW 0,-44: NEXT f
 170 FOR f=0 TO 1: PLOT 27,139+f: DRAW 1
6,0: PLOT 83,139+f: DRAW 148,0: PLOT 27,
44-f: DRAW 20,0: PLOT 63,44-f: DRAW 64,0
: PLOT 143,44-f: DRAW 88,0: NEXT f
 180 PLOT 43,131: DRAW 40,0: DRAW 0,16:
DRAW -40,0: DRAW 0,-16
 190 FOR f=83 TO 211 STEP 64: PLOT f,59:
 DRAW 40,0: DRAW 0,16: DRAW -40,0: DRAW
0,-16: NEXT f
 200 FOR f=104 TO 232 STEP 64: PLOT f,13
9: DRAW 0,-12: PLOT f,87: DRAW 0,-12: PL
OT f,59: DRAW 0,-15: NEXT f
 210 GO SUB 300: GO SUB 400: GO SUB 500
 220 LET r=1: BEEP .2,30: INPUT "Valor p
ara R";(r);" "; LINE a$: IF a$="" THEN
 GO TO 220
 230 LET r$=a$: GO SUB 600: GO TO 750
 235 LET r1=VAL a$: PRINT AT 18,4;"R1=";
r1;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
 240 BEEP .2,30: INPUT "Valor para R";(r
);" "; LINE b$: IF b$="" THEN  GO TO 240
 250 LET r$=b$: GO SUB 600: GO TO 750
 255 LET r2=VAL b$: PRINT AT 19,4;"R2=";
r2;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
 260 BEEP .2,30: INPUT "Valor para R";(r
```



```
);" "; LINE c$: IF c$="" THEN  GO TO 260
 270 LET r$=c$: GO SUB 600: GO TO 750
 280 LET r3=VAL c$: PRINT AT 20,4;"R3=";
r3;: GO SUB 800: PRINT " M": GO TO 2000
 300 FOR f=0 TO 1: PLOT 47+f,44: DRAW 12
,12: NEXT f: RETURN
 310 FOR f=0 TO 1: PLOT 47,43+f: DRAW 16
,0: NEXT f: RETURN
 400 PRINT AT 4,6;"0000": FOR f=11 TO 27
 STEP 8: PRINT AT 13,f;"0000": NEXT f: R
ETURN
 450 PRINT AT 4,6;"    ": FOR f=11 TO 27
 STEP 8: PRINT AT 13,f;"    ": NEXT f: R
ETURN
 500 PRINT AT 19,0; INVERSE 1;" Prima I
p/fechar o interruptor ": BEEP .2,20
 510 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 510
 520 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310: GO SUB 450: GO SUB 1000: RETU
RN
 600 FOR f=1 TO LEN r$: IF CODE r$(f)<46
 OR CODE r$(f)>57 THEN  GO TO 700
 610 NEXT f
 620 IF VAL r$=0 THEN  GO TO 710
 630 LET r=r+1: RETURN
 700 PRINT AT 21,0;"Tem de ser so'algari
smos,ou"".""": PAUSE 150: GO SUB 1100: G
O TO 750
 710 PRINT AT 21,0;"Nao pode ser ""0"":
->Repita.": PAUSE 150: GO SUB 1100: GO T
O 750
 750 GO TO (220 AND r=1)+(235 AND r=2)+(
255 AND r=3)+(280 AND r=4)
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
```

```
900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN
1000 FOR f=17 TO 20: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f: RETURN
1100 PRINT AT 21,0;x$: RETURN
2000 GO SUB 900
2010 LET i1=v/r1: LET i2=v/r2: LET i3=v/
r3: GO SUB 2500
2020 LET it=i1+i2+i3: LET rt=v/(i1+i2+i3
): IF it>50 THEN  GO SUB 2540: GO TO 300
0
2030 GO SUB 2540: PRINT AT 4,6;(s$ AND L
EN s$=4)+(s$( TO 4) AND LEN s$>4)
2040 PRINT AT 13,11;(f$ AND LEN f$=4)+(f
$( TO 4) AND LEN f$>4)
2050 PRINT AT 13,19;(g$ AND LEN g$=4)+(g
$( TO 4) AND LEN g$>4)
2060 PRINT AT 13,27;(h$ AND LEN h$=4)+(h
$( TO 4) AND LEN h$>4)
2070 GO SUB 2550: PRINT AT 19,18;"Rt=";r
t1;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
2080 PRINT #0;TAB 2; INVERSE 1;"Prima 1
 p/repetir 2 p/acabar"
2090 LET c=CODE INKEY$-48: IF c<1 OR c>2
 THEN  GO TO 2090
2100 IF c=1 THEN  GO SUB 1000: GO SUB 45
0: GO TO 220
2110 STOP
2500 LET ii1=INT (i1*100+.5)/100: LET f$
=STR$ ii1
2505 IF LEN f$<4 THEN  LET f$=f$+" ": GO
 TO 2505
2510 LET ii2=INT (i2*100+.5)/100: LET g$
=STR$ ii2
2515 IF LEN g$<4 THEN  LET g$=g$+" ": GO
 TO 2515
```



```
2520 LET ii3=INT (i3*100+.5)/100: LET h$
=STR$ ii3
2525 IF LEN h$<4 THEN  LET h$=h$+" ": GO
 TO 2525
2530 RETURN
2540 LET itt=ii1+ii2+ii3: LET s$=STR$ it
t
2545 IF LEN s$<4 THEN  LET s$=s$+" ": GO
 TO 2545
2550 LET rt1=INT (rt*100+.5)/100
2560 RETURN
3000 PRINT AT 2,4; FLASH 1;s$;"A>50 A":
GO SUB 1000
3010 PRINT AT 19,0; BRIGHT 1;"O valor de
 It e'superior a 50 A.    O fusivel vai q
ueimar-se !    "
3020 GO SUB 800: FOR f=6 TO 2 STEP -1: P
RINT AT 16,16; INK f;"#$": BEEP .5,f*3:

PAUSE 10: NEXT f
3030 FOR f=1 TO 100: PRINT AT 16,16; FLA
SH 1;"#$": NEXT f: PRINT AT 16,16;"  "
3040 PAUSE 100: GO SUB 1000: GO SUB 900
3050 PRINT AT 19,0; INVERSE 1;"Desligue
o interruptor e substi-tua o fusive.   P
rima D            "
3060 IF INKEY$<>"d" AND INKEY$<>"D" THEN
  GO TO 3060
3070 PRINT AT 2,0;x$: INVERSE 1: GO SUB
310: INVERSE 0: GO SUB 300: GO SUB 400
3080 GO SUB 1000: PRINT AT 19,2;"Prima F
 para mudar o fusivel"
3090 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 3090
3100 GO SUB 800: PRINT AT 16,16;"#$": G
O SUB 900
```

```
3110 GO SUB 1000: PRINT AT 19,3;"E agora
 feche o interruptor : Prima I"
3120 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 3120
3130 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310
3140 GO SUB 1000: GO SUB 450: GO TO 220
9000 CLEAR : SAVE "paralelo" LINE 9100
9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
9020 VERIFY "": VERIFY ""CODE : STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN
```

Introduza o programa no computador, grave-o e verifique com o comando directo «GO TO 9000». Carregue os gráficos «electgraf» com o comando «GO TO 9100» e o programa arrancará, mostrando no ecrã a imagem reproduzida pela figura seguinte:

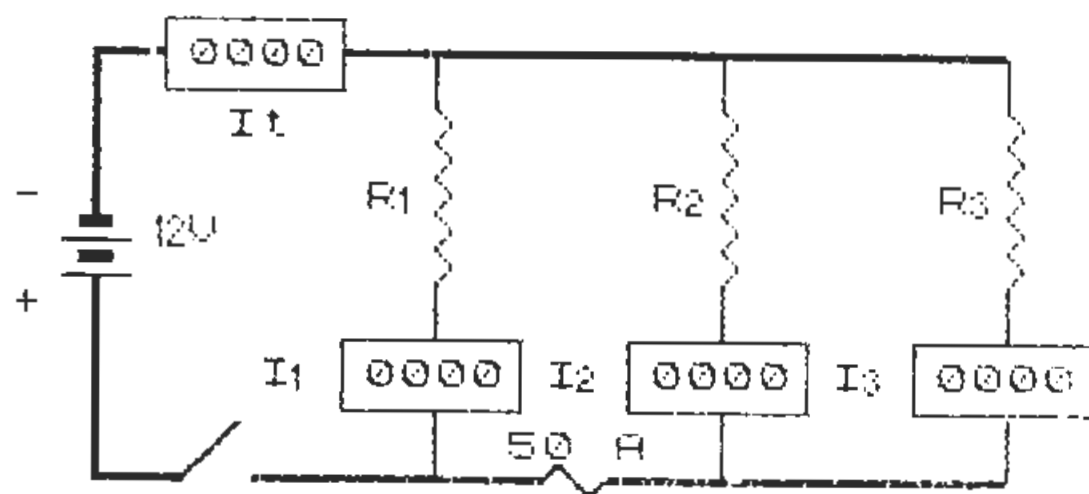



Figura 17/2



Neste programa, os aparelhos de medida são, também, de leitura digital, mas de maior precisão do que os utilizados no Programa P 3.2: temos à nossa disposição quatro dígitos, o que permite leituras com duas casas decimais. Como habitualmente, os arredondamentos são calculados «para cima».

O programa começa por sugerir que o leitor feche o interruptor, após o que pede a introdução do valor em ohms, para cada uma das três resistências. Aqui, a liberdade é total: o leitor pode introduzir os valores que entender, inteiros ou com decimais e, mesmo, inferiores a 0 ohm.

Mas o uso da nossa liberdade não deve sobrepor-se à liberdade alheia, pelo que o leitor terá de ter em consideração as convicções do seu computador: este não aceitará expressões numéricas que não sejam constituídas, exclusivamente, por algarismos e pelo caracter «.» (no caso de decimais).

Se se enganar, ou quiser testar esta afirmação, introduza, por exemplo «20,5» ou «3e4»: o dispositivo de segurança da máquina entrará em acção imediatamente e o leitor terá de corrigir a entrada.

O circuito está, como é de regra, protegido com um fusível. A sua capacidade é de 50 A, conforme está indicado no circuito. Deste modo, terá, o leitor, de controlar o valor das suas resistências, pois se forem muito baixos, podem originar uma corrente total «It» superior a 50 A: nessa contingência, o fusível queimar-se-á e terá de ser substituído por outro de igual valor.

Não aconselhamos a substituição por um fusível de maior capacidade, pois, nem a bateria, nem os restantes componentes do circuito estão preparados para funcionarem com uma corrente superior a 50 amperes.

Após a introdução do valor correspondente a cada uma das três resistências, este é impresso à esquerda, por baixo do circuito; o programa calcula o valor da corrente que atravessa cada resistência e o valor da corrente total no circuito «It», os quais são indicados pelos respectivos amperímetros.

O valor da resistência total do circuito «Rt» é, também, calculado e impresso a meio, por baixo do circuito. Vejamos o «display» após a introdução dos valores:

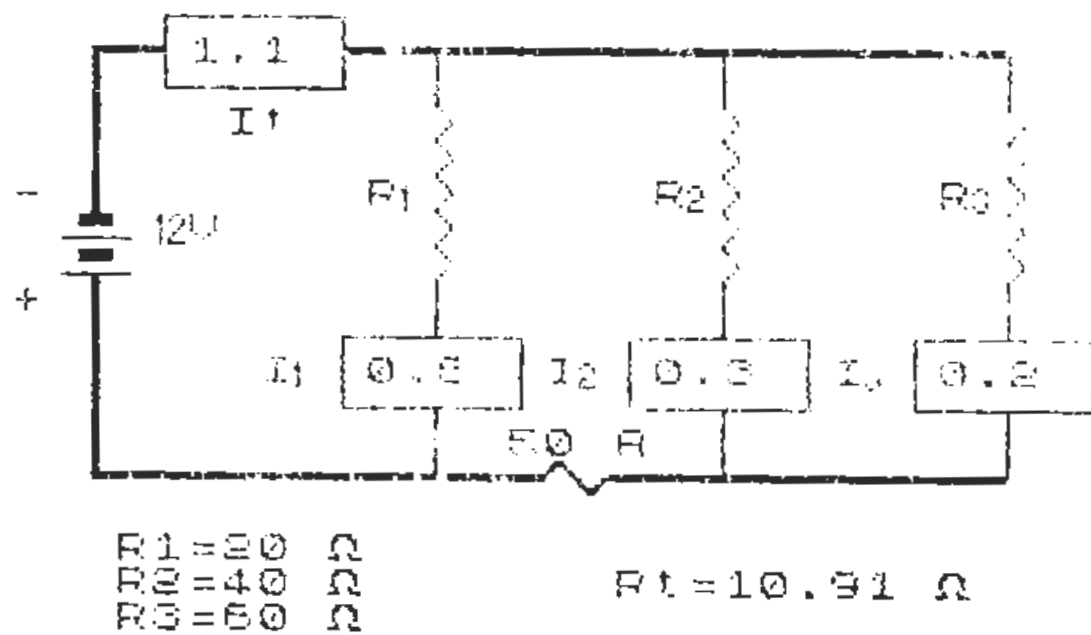



Figura 18/2

Embora a explicação do funcionamento dos programas transcenda os nossos objectivos, estamos convictos de que, uma das maneiras de desenvolver e melhorar os nossos conhecimentos de programação, consiste no estudo e análise de programas, concebidos por quem sabe um pouco mais que nós mesmos.

Por isso, e porque o leitor, certamente, deseja aperfeiçoar os seus conhecimentos de BASIC, sugerimos-lhe que analise atentamente os programas que concebemos para si: nada tem de transcendente e não são utilizadas subtilezas demasiado herméticas, mas, possivelmente, contém soluções que o leitor poderá achar interessantes e aplicar nos seus próprios programas.

Chamamos a sua atenção para os seguintes aspectos:

— o recurso a ciclos «FOR-NEXT» para o desenho e para a impressão dos gráficos;

— a rotina de «INPUT» das linhas 220 a 280 e a sub-rotina de segurança 600/630, que só aceita a introdução de algarismos e do caracter «.». De notar que esta sub-rotina não aceita o valor «0» para qualquer das resistências;



— as rotinas 700 e 710 que contêm as mensagens a serem impressas no ecrã, no caso de entradas incorrectas;

— a rotina 750 que comanda o retorno para a zona de INPUT;

— as sub-rotinas 300 e 310 para abrir e fechar o interruptor;

— as sub-rotinas 2500 e 2540 que arredondam «para cima» os valores calculados e limitam o número de casas decimais;

— a rotina das linhas 2000/2070 que imprime os valores calculados nas sub-rotinas anteriores, especialmente as linhas 2030/2060, que limitam a impressão a 4 caracteres, quando o comprimento da cadeia for superior a 4 caracteres;

— finalmente, a rotina das linhas 300/3140 que comanda todo o processo do «queimar do fusível» e da sua substituição.

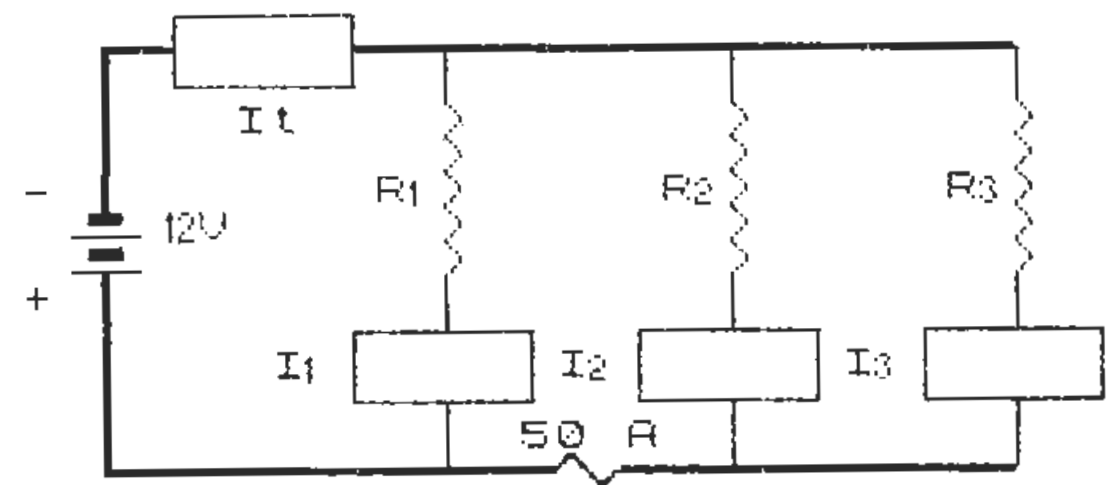
Eis o «display» decorrente de uma entrada incorrecta:

Tem de ser so'algarismos,ou"."

Figura 19/2

*A montagem em série e a Lei de Ohm*

Quando falámos das baterias, dissemos que os seus elementos eram ligados «em série». Isto significa que a sua montagem é sequencial e que a tensão fornecida por cada elemento é adicionada à do anterior, obtendo-se, no final, uma tensão, cujo valor *é igual ao número de elementos a multiplicar pelo valor da tensão de cada elemento.*

Na prática, encontramos, frequentemente, associações deste tipo, nomeadamente na aparelhagem portátil de rádio ou nos gravadores de cassetes. Vejamos como se apresenta uma montagem de pilhas em série:

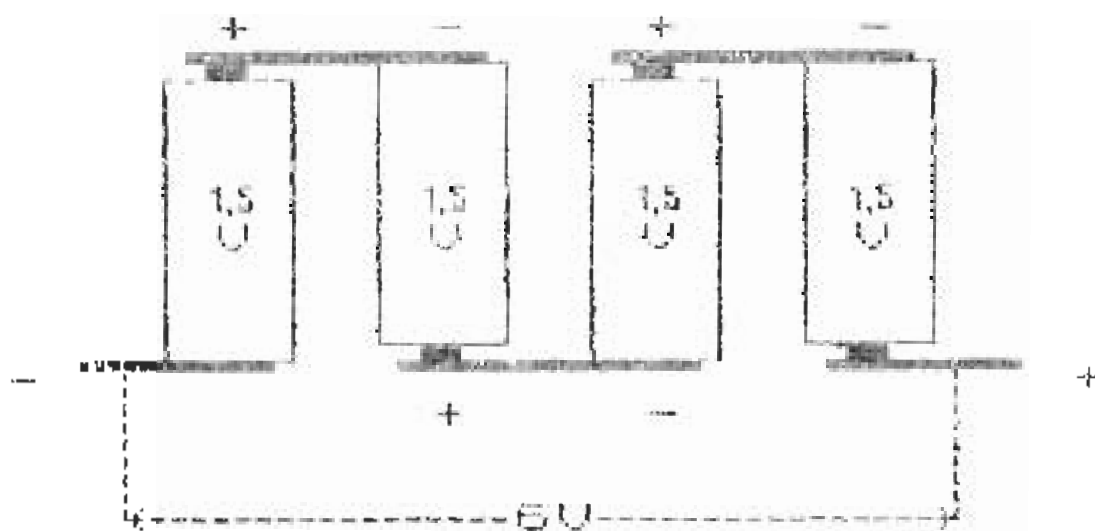



Figura 20/2

A figura mostra-nos um diagrama de uma montagem clássica de pilhas de 1,5 V ligadas em série. Como o leitor pode observar, o contacto positivo da primeira pilha liga com o contacto negativo da pilha seguinte, e assim sucessivamente. No final, temos dois contactos livres, que constituem as tomadas de 6 V para o funcionamento do aparelho.

O exemplo apresentado refere-se, obviamente, a uma associação de quatro pilhas de 1,5 V em série: este tipo de associação



só está limitado pelo espaço ocupado e é condicionado pelo valor da tensão que se pretende obter.

Os circuitos com montagem em série encontram a sua maior aplicação na electrónica, onde se torna necessário obter diferentes valores de tensão, a partir de uma única fonte de alimentação.

Tal como na montagem em paralelo, a montagem em série obedece a certas regras, que passamos a enunciar:

1 — O valor da corrente é o mesmo em qualquer ponto do circuito;

2 — a resistência total «Rt» é igual à soma dos valores das resistências intercaladas no circuito;

3 — a soma dos valores das quedas de tensão em cada resistência é igual ao valor da tensão de alimentação.

Façamos uma montagem em série e analisemos as implicações das regras acima enunciadas:

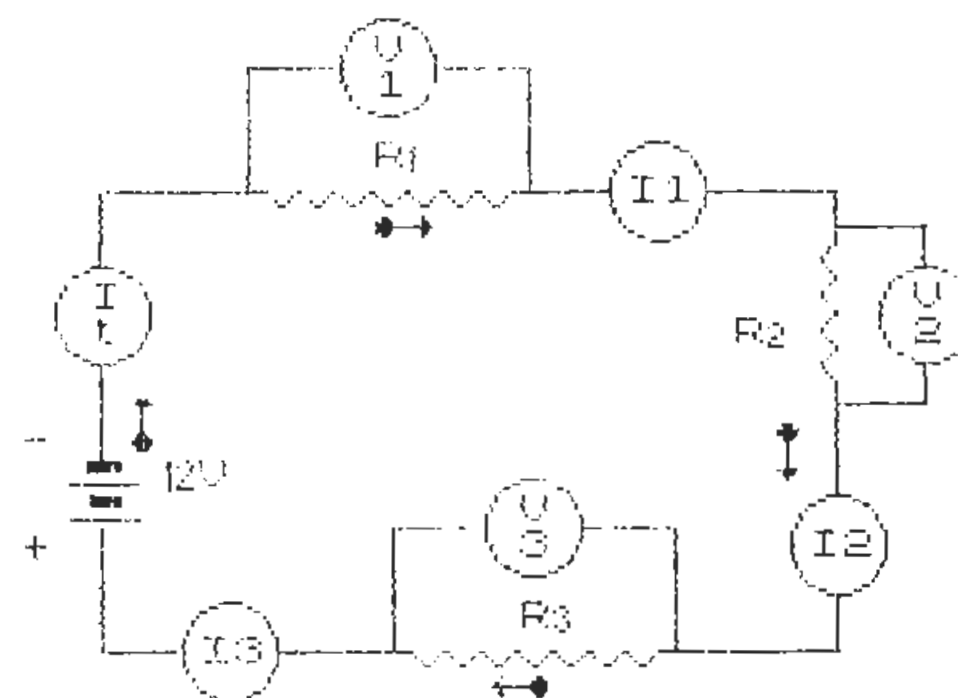



Figura 21/2

A figura 21/2 representa um circuito em série, constituído por uma bateria de 12 V, três resistências «R1-R2-R3», três voltímetros «V1-V2-V3» e quatro amperímetros «It-I1-I2-I3».

Os voltímetros estão ligados aos extremos de cada resistência e medem o valor da «queda de tensão» provocada pela corrente que as atravessa.

O amperímetro «It» indicará o valor da corrente total no circuito e, como veremos, os amperímetros «I1-I2-I3» indicarão o mesmo valor de «It». A instalação destes três amperímetros é desnecessária, como o leitor pode avaliar, estando presentes, unicamente, para demonstrar a veracidade da primeira regra dos circuitos em série.

Vamos atribuir valores às resistências e calcular as restantes grandezas:

$$R1 = 20\ \Omega \qquad R2 = 40\ \Omega \qquad R3 = 60\ \Omega$$

Calculemos o valor da corrente em cada resistência:

$$I1 = \frac{V}{R1} : I1 = \frac{12}{20} : I1 = 0{,}6\ A$$

$$I2 = \frac{V}{R2} : I2 = \frac{12}{40} : I2 = 0{,}3\ A$$

$$I3 = \frac{V}{R3} : I3 = \frac{12}{60} : I3 = 0{,}2\ A$$

Calculemos a resistência total do circuito:

$$Rt = R1 + R2 + R3 : Rt = 20 + 40 + 60 : Rt = 120\ \Omega$$

Calculemos a corrente total do circuito (ou em qualquer ponto do circuito):

$$It = \frac{V}{Rt} : It = \frac{12}{120} : It = 0{,}1\ A$$



Finalmente, calculemos a tensão nos extremos de cada resistência:

$$V1 = It \times R1 : V1 = 0{,}1 \times 20 : V1 = 2\ V$$

$$V2 = It \times R2 : V2 = 0{,}1 \times 40 : V2 = 4\ V$$

$$V3 = It \times R3 : V3 = 0{,}1 \times 60 : V3 = 6\ V$$

Se somarmos os valores das quedas de tensão em cada resistência, obteremos o valor da tensão de alimentação:

$$V1 + V2 + V3 - 2 + 4 + 6 : Vt = 12\ V$$

Como o leitor acaba de constatar, numa montagem em série, a mesma fonte de alimentação, no nosso caso uma bateria de 12 V, permite obter tensões de diferentes valores. Para além da electrónica, como já referimos, esta característica das montagens em série pode ter algumas aplicações práticas, como veremos nos casos que se seguem:

1) Pretendemos ligar uma lâmpada de 8V 3W a uma bateria de 12 V. Para que esta não se funda temos de intercalar uma resistência. Que valor deverá ter essa resistência?

— Primeiro calculemos a queda de tensão a obter:

$$12 - 8 = 4\ V$$

— Como sabemos a potência da lâmpada, calculemos o valor da corrente que a atravessa:

$$I = \frac{W}{I} : I = \frac{3}{8} : I = 0{,}375\ A$$

— Finalmente, calculemos o valor da resistência a intercalar:

$$R = \frac{V}{I} : R = \frac{4}{0{,}375} : R = 10{,}67\ \Omega$$

2) Que valor de tensão deveremos aplicar a um circuito, composto por 2 lâmpadas em série, sabendo que a primeira tem 16 Ω e a segunda está preparada para funcionar com 12V3W?

— Calculemos, em primeiro lugar, a corrente no circuito, sabendo que esta é idêntica em qualquer das lâmpadas:

$$I = \frac{W}{V} : I = \frac{3}{12} : I = 0{,}25 \text{ A}$$

— Calculemos a resistência da segunda lâmpada:

$$R2 = \frac{V}{I} : R2 = \frac{12}{0{,}25} : R2 = 48 \ \Omega$$

— A resistência total será, portanto:

$$Rt = R1 + R2 : Rt = 16 + 48 : Rt = 64 \ \Omega$$

— Finalmente, vamos determinar a tensão a aplicar:

$$V = I \times R : V = 0{,}25 \times 64 : V = 16 \text{ V}$$

Tal como fizemos na montagem em paralelo, vamos apresentar ao leitor um programa semelhante, mas agora destinado à determinação das quedas de tensão em três resistências, à corrente no circuito e à resistência total. A tensão de alimentação será a nossa amiga bateria de 12 V e o leitor é convidado a indicar o valor para cada uma das três resistências. Mas antes, sugerimos-lhe a resolução de dois problemas práticos:

## PROBLEMAS C 2.4

11 — Um circuito em série é constituído por duas resistências, cujo valor total é de 60 Ω. A corrente no circuito tem o valor de 4 A. Calcular a tensão de alimentação e a queda de tensão na primeira resistência, sabendo que a potência da segunda é de 6 W e produz uma queda de tensão de 120 V.



12 — Calcular a resistência total e a tensão de alimentação de um circuito, onde três resistências ligadas em série provocam uma corrente de 6 A. As quedas de tensão em cada resistência são, respectivamente, de 10, 20 e 40 V.

## PROGRAMA P 5.2

```
   1 REM MONTAGEM EM SERIE  PROGRAMA P 5
.2
  10 POKE 23609,20: CLS
  20 DIM x$(32): LET v=12
 100 GO SUB 800: PRINT AT 10,2;"012";AT
11,2;"012";AT 10,5;"B";AT 20,7;"#$"
 110 PRINT AT 5,16;"j";AT 10,16;"j";AT 1
4,16;"l";AT 19,16;"l"
 120 PRINT AT 12,21;"k";AT 14,27;"k"
 130 FOR f=13 TO 18: PRINT AT 4,f;"c";AT
 20,f;"x": NEXT f: FOR f=10 TO 14: PRINT
 AT f,22;"b": NEXT f
 140 GO SUB 900: PRINT AT 5,15;"R";AT 10
,15;"V";AT 14,15;"V";AT 19,15;"R";AT 12,
20;"R";AT 14,26;"V"
 150 PRINT AT 9,1;"-";AT 12,1;"+";AT 6,7
;"It";AT 10,6;"V";AT 19,6;"50 A"
 160 FOR f=0 TO 1: PLOT 27+f,95: DRAW 0,
44: PLOT 27+f,80: DRAW 0,-24: NEXT f
 170 FOR f=0 TO 1: PLOT 27+f,39: DRAW 0,
-28: PLOT 27,139+f: DRAW 16,0: PLOT 27,1
1-f: DRAW 28,0: PLOT 71,11-f: DRAW 32,0:
 PLOT 151,11-f: DRAW 24,0: NEXT f
 180 FOR f=0 TO 1: PLOT 83,139+f: DRAW 2
0,0: PLOT 151,139+f: DRAW 24,0: PLOT 174
```

```
+f,139: DRAW 0,-44: PLOT 174+f,55: DRAW
0,-44: NEXT f
 185 PLOT 95,139: DRAW 0,-32: DRAW 12,0:
 PLOT 160,139: DRAW 0,-32: DRAW -12,0
 190 FOR f=35 TO 99 STEP 64: PLOT 107,f:
 DRAW 40,0: DRAW 0,16: DRAW -40,0: DRAW
0,-16: NEXT f
 195 PLOT 95,11: DRAW 0,32: DRAW 12,0: P
LOT 160,11: DRAW 0,32: DRAW -12,0
 200 PLOT 43,131: DRAW 40,0: DRAW 0,16:
DRAW -40,0: DRAW 0,-16: PLOT 195,67: DRA
W 40,0: DRAW 0,16: DRAW -40,0: DRAW 0,-1
6
 205 PLOT 176,47: DRAW 11,0: DRAW 0,28:
DRAW 8,0: PLOT 176,104: DRAW 68,0: DRAW
0,-28: DRAW -8,0
 210 GO SUB 300: GO SUB 400: GO SUB 500
 220 LET r=1: BEEP .2,30: INPUT "Valor p
ara R";(r);" "; LINE a$: IF a$="" THEN
GO TO 220
 230 LET r$=a$: GO SUB 600: GO TO 750
 235 LET r1=VAL a$: PRINT AT 0,4;"R1=";r
1;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
 240 BEEP .2,30: INPUT "Valor para R";(r
);" "; LINE b$: IF b$="" THEN  GO TO 240
 250 LET r$=b$: GO SUB 600: GO TO 750
 255 LET r2=VAL b$: PRINT AT 1,4;"R2=";r
2;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
 260 BEEP .2,30: INPUT "Valor para R";(r
);" "; LINE c$: IF c$="" THEN  GO TO 260
 270 LET r$=c$: GO SUB 600: GO TO 750
 280 LET r3=VAL c$: PRINT AT 2,4;"R3=";r
3;: GO SUB 800: PRINT " M": GO TO 2000
 300 FOR f=0 TO 1: PLOT 27+f,39: DRAW 12
,12: NEXT f: RETURN
 310 FOR f=0 TO 1: PLOT 27+f,39: DRAW 0,
```



```
12: NEXT f: RETURN
 400 PRINT AT 4,6;"0000";AT 12,25;"0000"
: FOR f=8 TO 16 STEP 8: PRINT AT f,14;"0
000": NEXT f: RETURN
 450 PRINT AT 4,6;"    ";AT 12,25;"    "
: FOR f=8 TO 16 STEP 8: PRINT AT f,14;"
    ": NEXT f: RETURN
 500 PRINT #0; INVERSE 1;" Prima I p/fe
char o interruptor ": BEEP .2,20
 510 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 510
 520 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310: GO SUB 450: GO SUB 1000: RETU
RN
 600 FOR f=1 TO LEN r$: IF CODE r$(f)<46
 OR CODE r$(f)>57 THEN  GO TO 700
 610 NEXT f
 620 IF VAL r$=0 THEN  GO TO 710
 630 LET r=r+1: RETURN
 700 PRINT AT 0,0;"Tem de ser so'algaris
mos,ou"" """: PAUSE 150: GO SUB 1100: GO
 TO 750
 710 PRINT AT 0,0;"Nao pode ser ""0"": -
>Repita ": PAUSE 150: GO SUB 1100: GO TO
 750
 750 GO TO (220 AND r=1)+(235 AND r=2)+(
255 AND r=3)+(280 AND r=4)
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

1100 FOR f=0 TO 2: PRINT AT f,0;x$: NEXT
 f: RETURN
2000 GO SUB 900
2010 LET rt=r1+r2+r3: LET i=v/rt:: IF i>
50 THEN  GO SUB 2540: GO TO 3000
```

```
2020 LET v1=i*r1: LET v2=i*r2: LET v3=i*
r3: GO SUB 2500
2030 GO SUB 2540: PRINT AT 4,6;(s$ AND L
EN s$=4)+(s$( TO 4) AND LEN s$>4)
2040 PRINT AT 8,14;(f$ AND LEN f$=4)+(f$
( TO 4) AND LEN f$>4)
2050 PRINT AT 12,25;(g$ AND LEN g$=4)+(g
$( TO 4) AND LEN g$>4)
2060 PRINT AT 16,14;(h$ AND LEN h$=4)+(h
$( TO 4) AND LEN h$>4)
2070 GO SUB 2550: PRINT AT 1,16;"Rt=";rt
;: GO SUB 800: PRINT " M": GO SUB 900
2080 PRINT #0;TAB 2; INVERSE 1;"Prima 1
 p/repetir 2 p/acabar"
2090 LET c=CODE INKEY$-48: IF c<1 OR c>2
 THEN  GO TO 2090
2100 IF c=1 THEN  GO SUB 1000: GO SUB 45
0: GO TO 220
2110 STOP
2500 LET vv1=INT (v1*100+.5)/100: LET f$
=STR$ vv1
2505 IF LEN f$<4 THEN  LET f$=f$+" ": GO
 TO 2505
2510 LET vv2=INT (v2*100+.5)/100: LET g$
=STR$ vv2
2515 IF LEN g$<4 THEN  LET g$=g$+" ": GO
 TO 2515
2520 LET vv3=INT (v3*100+.5)/100: LET h$
=STR$ vv3
2525 IF LEN h$<4 THEN  LET h$=h$+" ": GO
 TO 2525
2530 RETURN
2540 LET s$=STR$ i
2545 IF LEN s$<4 THEN  LET s$=s$+" ": GO
 TO 2545
2550 LET rt=INT (rt*100+.5)/100
```



```
2560 RETURN
3000 PRINT #0; FLASH 1;TAB 4;s$;"A>50 A
": GO SUB 1000
3010 PRINT AT 0,0; BRIGHT 1;"O valor de
It e'superior a 50 A.   O fusivel vai qu
eimar-se !    "
3020 GO SUB 800: FOR f=6 TO 2 STEP -1: P
RINT AT 20,7; INK f;"#$": BEEP .5,f*3:
P
AUSE 10: NEXT f
3030 FOR f=1 TO 100: PRINT AT 20,7; FLAS
H 1;"#$": NEXT f: PRINT AT 20,7;"  "
3040 PAUSE 100: GO SUB 1100: GO SUB 900
3050 PRINT AT 0,0; INVERSE 1;"Desligue o
 interruptor e substi-tua o fusive.   Pr
ima D          "
3060 IF INKEY$<>"d" AND INKEY$<>"D" THEN
  GO TO 3060
3070 INPUT "": INVERSE 1: GO SUB 310: IN
VERSE 0: GO SUB 300: GO SUB 400
3080 GO SUB 1100: PRINT AT 0,2;"Prima F
para mudar o fusivel"
3090 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 3090
3100 GO SUB 800: PRINT AT 20,7;"#$": GO
 SUB 900
3110 GO SUB 1100: PRINT AT 0,3;"E agora
feche o interruptor :           Prima I
"

3120 IF INKEY$<>"i" AND INKEY$<>"I" THEN
  GO TO 3120
3130 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310
3140 GO SUB 1100: GO SUB 450: GO TO 220
9000 CLEAR : SAVE "serie" LINE 9100
9010 VERIFY "serie": STOP
```

```
9100 LOAD d1"electgraf"CODE : RUN
SAVE "electgraf"CODE 60000,768
VERIFY "": VERIFY ""CODE : STOP
```

Introduza e grave o programa como habitualmente, após ter carregado os gráficos «electgraf» com o comando directo «GO TO 9100». O arranque automático mostrará a seguinte imagem:

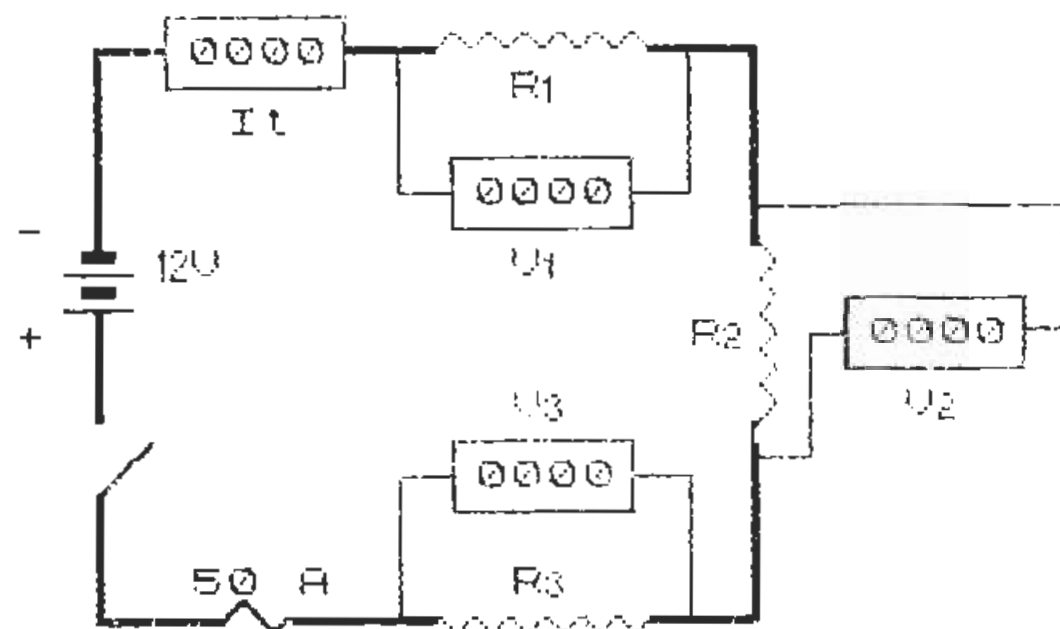



Figura 22/2

O circuito é constituído por uma bateria de 12 V que alimenta três resistências «R1-R2-R3», ligadas em série. Os voltímetros «V1-V2-V3», de leitura digital, permitem ler os valores das quedas de tensão em cada resistência, com uma aproximação de duas casas decimais.

O amperímetro «It», também de leitura digital, indica a corrente no circuito que, como sabemos, é igual em qualquer ponto do mesmo. Um interruptor e um fusível para 50 A, completam o circuito.



O leitor poderá introduzir quaisquer valores para as resistências, excepto «0», como deve calcular. O programa possui a mesma estrutura do anterior P 4.2, o que lhe permite poupar tempo e trabalho na introdução na máquina: carregue o Programa P 4.2 e modifique as linhas que contêm alterações. Introduza algumas linhas novas e não se esqueça de corrigir o nome do programa nas linhas 9000/9100.

Propositadamente, não facilitaremos, ao leitor, esta tarefa, indicando-lhe os números de linha que sofrem alterações. Pensamos que, para além de querer aprender Electricidade, o leitor pretende aprofundar os seus conhecimentos de BASIC: a pesquisa das alterações entre os dois programas é uma forma que, para isso, contribuirá.

Como deve ter notado, mantivemos a mesma capacidade no fusível de protecção ao circuito. O leitor deverá ter em conta este facto, ao introduzir os valores das resistências: pode acontecer que a resistência total seja tão pequena que provoque uma corrente no circuito, superior a 50 A. Basta um simples cálculo:

$$Rt = \frac{V}{R} : Rt = \frac{12}{50} : Rt = 0,24\ \Omega$$

Logo, se a soma dos valores das resistências for inferior a 0,24 Ω, a corrente ultrapassará os 50 A e o fusível queimar-se-á. Mas o computador está atento e, nessa eventualidade, providenciará pela sua imediata substituição, com as habituais precauções.

## *As quedas de tensão e as polaridades*

Em todos os circuitos com tensão contínua, que temos vindo a estudar, a corrente circula, como sabemos, do pólo negativo da fonte de alimentação, atravessa as diferentes cargas e retorna ao pólo positivo.

Num circuito com montagem em série, sempre que a corrente atravessa uma resistência, *a tensão existente nos extremos da resistência toma a polaridade do pólo mais próximo da fonte de alimentação.* Este fenómeno reveste-se da maior importância nos circuitos electrónicos, onde as polaridades das tensões são essenciais para o seu correcto funcionamento.

A fim de tornar mais compreensível a formação das polaridades, vamos construir um circuito, composto por uma bateria de 12 V e três resistências montadas em série:

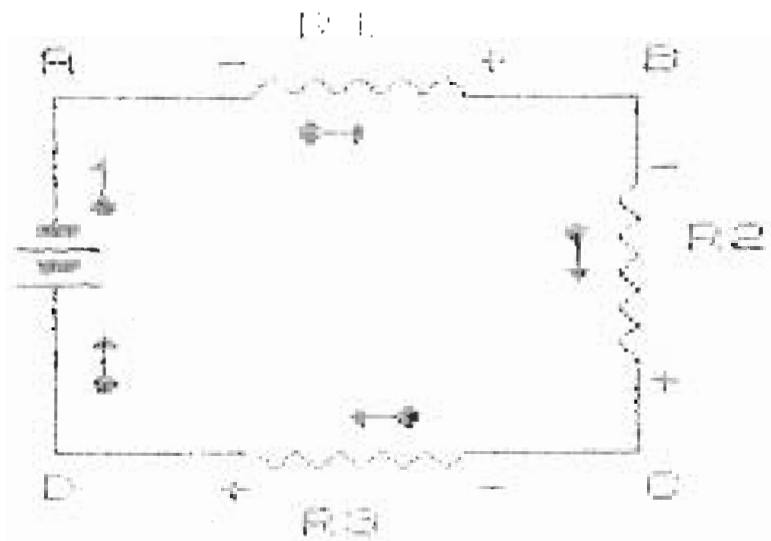



Figura 23/2

Atribuamos valores às resistências «R1 — R2 — R3»:

$$R1 = 10\ \Omega \qquad R2 = 20\ \Omega \qquad R3 = 30\ \Omega$$

Logo, a resistência total «Rt» será de:

$$Rt = R1 + R2 + R3 : Rt = 10 + 20 + 30 : Rt = 60\ \Omega$$

Portanto, a corrente terá o valor de:

$$I = \frac{Vt}{Rt} : I = \frac{12}{60} : I = 0{,}2\ A$$

Calculemos, agora, as quedas de tensão em cada resistência:

$$V1 = R1 \times I : V1 = 10 \times 0{,}2 : V1 = 2\ V$$
$$V2 = R2 \times I : V2 = 20 \times 0{,}2 : V2 = 4\ V$$
$$V3 = R3 \times I : V3 = 30 \times 0{,}2 : V3 = 6\ V$$

Reportando-nos à figura 23/2, podemos, então, dizer:

a) que o valor da tensão entre A e D é de −12 V;
b) como em R1 houve uma queda de tensão de 2 V, a tensão entre B e D será de: −12 + 2 = −10 V;
c) como em R2 houve uma queda de tensão de 4 V, a tensão entre C e D será de: −10 + 4 = −6 V;



d) como em R3 houve uma queda de tensão de 6 V, a tensão entre D e D será de: −6 + 6 = 0 V.

A problemática das polaridades leva-nos a alertar o leitor para uma situação de ordem prática que ocorre, frequentemente, com os aparelhos ou qualquer equipamento funcionando por meio de pilhas: a sua incorrecta montagem.

Como vimos na figura 20/2, a «série» só funciona quando as polaridades estão devidamente relacionadas, isto é, «−» com «+» e «+» com «−». Duas situações podem ocorrer quando se montam quatro pilhas num aparelho:

A — uma das pilhas foi incorrectamente montada, ficando o seu pólo positivo ligado ao pólo positivo da pilha seguinte — a tensão obtida nos terminais de ligação ao aparelho não será de 6 V, como seria desejável;

B — as pilhas têm as polaridades correctamente ligadas, mas, relativamente ao suporte de montagem, as polaridades encontram-se invertidas — entre os terminais de ligação ao aparelho existem os previstos 6 V, mas onde deveriam estar + 6 V temos − 6 V e vice-versa.

Façamos um esquema que ilustre estas situações:

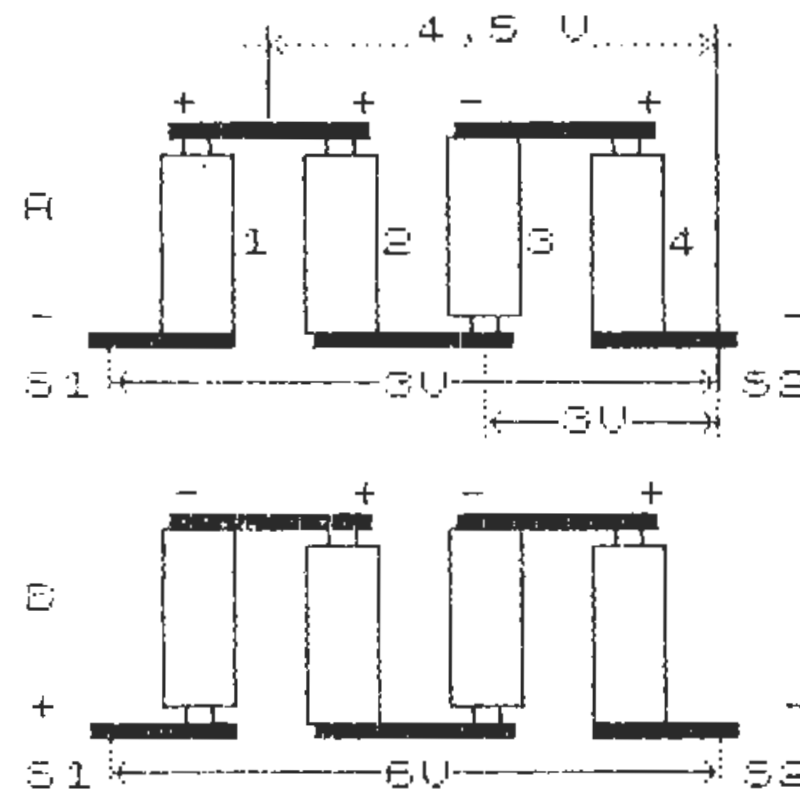



Figura 24/2

A figura 24/2 representa as duas situações atrás referidas. Em «A», a montagem está incorrecta, pois a pilha No. 2 está ligada em paralelo com a pilha No. 1.

— As pilhas Nos. 2, 3 e 4 formam uma série completa;
— entre os pólos negativos e os pólos positivos das pilhas Nos. 1 e 2 a tensão é de 1,5 V, mas a capacidade do conjunto é duas vezes superior;
— entre o pólo positivo comum às pilhas Nos. 1 e 2 e o pólo negativo da pilha No. 4, a tensão é de 4,5 V, pois temos três pilhas em série;
— entre os terminais de ligação «S1-S2» a tensão é de 3 V, pois as tensões das pilhas Nos. 1 e 4 anulam-se, ficando só a série das pilhas Nos. 2 e 3.

Como o leitor se apercebe, tal montagem não satisfaz as condições de funcionamento do aparelho, pois não fornece, entre os terminais de ligação, os 6 V necessários. Além disso, as polaridades, nos terminais, estão invertidas, isto é, a saída «S2» está negativa em relação à saída «S1».

Em «B», as quatro pilhas estão ligadas em série, mas a polaridade está invertida, com a saída «S2» mais negativa do que a saída «S1». Como o circuito do aparelho está preparado para receber + 6 V na saída «S2», a situação pode ser ruinosa para alguns dos componentes, nomeadamente os transístores.

Podemos concluir que a montagem das pilhas em aparelhos ou equipamentos obedece a normas rígidas, razão pela qual, os respectivos suportes tem indicada a posição correcta em que estas devem ser montadas.

Referimos, atrás, que as pilhas Nos. 1 e 2 estavam ligadas em paralelo e que esse facto determinava uma duplicação da respectiva capacidade.

Com efeito, as leis da montagem em paralelo aplicam-se, tanto às associações de resistências, como às associações de pilhas. Como o leitor se lembra, a capacidade das pilhas ou das baterias mede-se em Ah (amperes por hora): deste modo, se tivermos duas pilhas, uma com a capacidade de, por exemplo, 1 Ah e a outra com 2 Ah, se as ligarmos em paralelo obteremos uma capacidade de:

$$Aht = Ah1 + Ah2 : Aht = 1 + 2 : Aht = 3\ Ah$$



O valor da tensão total, se as pilhas forem idênticas, será igual ao valor da tensão de uma delas: se as pilhas fornecerem tensões diferentes, a tensão total será a média dos valores presentes nas diferentes pilhas associadas.

### *A montagem mista*

Se associarmos uma montagem em paralelo com uma montagem em série, obtemos a chamada «montagem mista». Mais uma vez, são os circuitos electrónicos, os principais utilizadores deste tipo de montagem, raramente aplicada nas instalações domésticas ou industriais. Vejamos o esquema de um montagem mista:

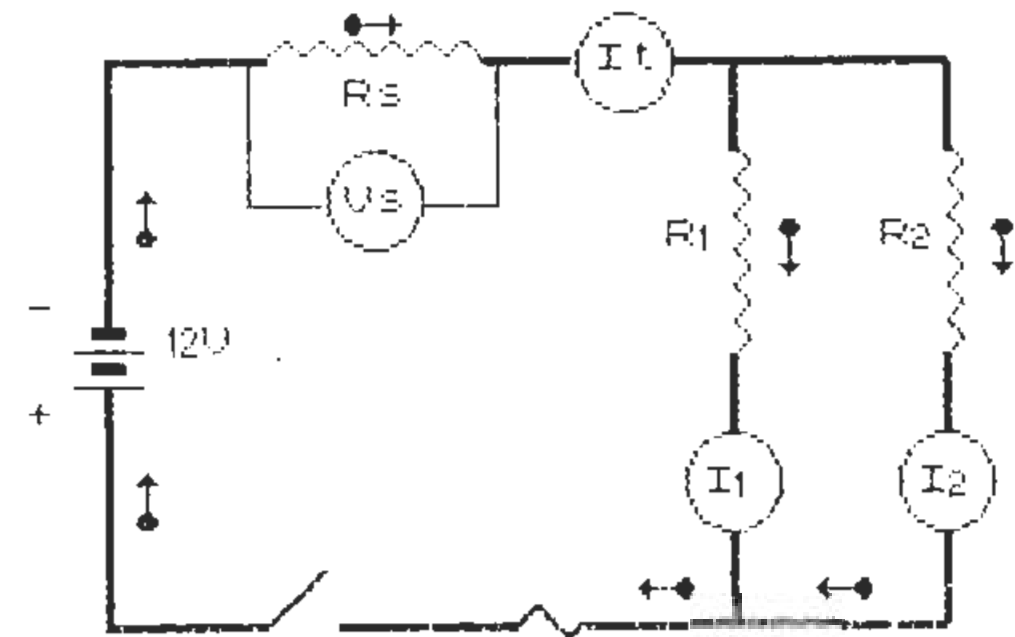



Figura 25/2

A figura 25/2 representa um circuito com montagem mista, constituído por uma bateria de 12 V, uma resistência «Rs» em série com duas resistências em paralelo «R1-R2», um voltímetro «Vs», um amperímetro «It», dois amperímetros «I1-I2», um fusível e um interruptor.

O cálculo dos valores de tensão, corrente e resistência obedecem às normas aplicadas *numa montagem em série, para a parte em série e numa montagem em paralelo, para a parte em paralelo do circuito.*

Vamos atribuir valores às resistências e seguir um método de cálculo para a determinação da resistência total do circuito, «Rt», da corrente total «It», da queda de tensão «Vs» na resistência «Rs» e das correntes «I1-I2», nas resistências «R1-R2»:

$$Rs = 5\ \Omega \qquad R1 = 12\ \Omega \qquad R2 = 24\ \Omega$$

1 — Comecemos por transformar o circuito misto no seu equivalente série, calculando a resistência total da parte paralela:

$$Rtp = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} : Rtp = \frac{12 \times 24}{12 + 24} : Rtp = \frac{288}{36} : Rtp = 8\ \Omega$$

O circuito série equivalente teria a seguinte configuração:

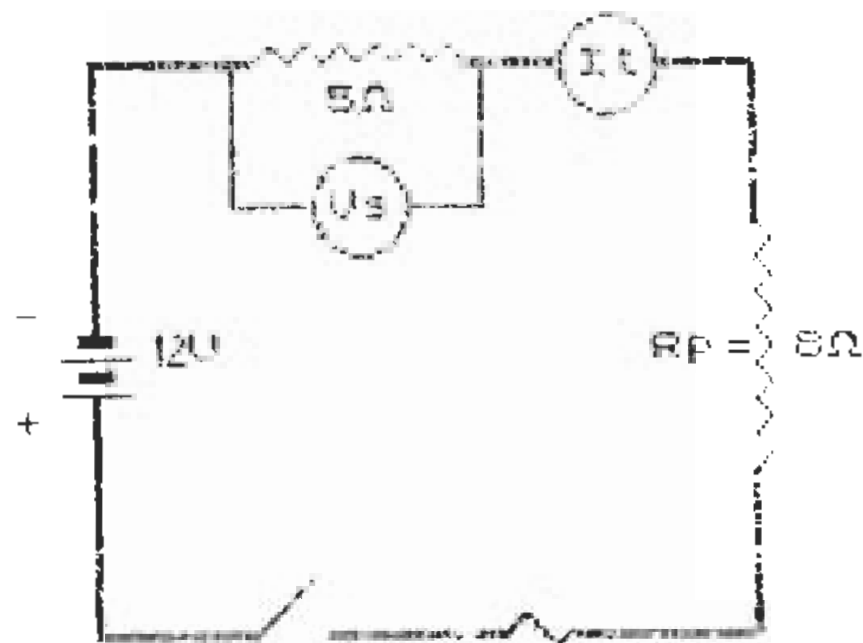



Figura 26/2

Este será o «circuito equivalente», resultante da resolução da parte paralela do circuito misto original. Como o leitor pode constatar, trata-se de um circuito em série, agora constituído por duas



resistências: «Rs» com 5 Ω, do circuito original e «Rp» com 8 Ω, representando a parte paralela do circuito misto. Continuemos os nossos cálculos:

2 — Calculemos a resistência total do circuito:

$$Rt = Rs + Rp : Rt = 5 + 8 : Rt = 13\ \Omega$$

3 — Calculemos a corrente total no circuito original:

$$It = \frac{V}{Rt} : It = \frac{12}{13} : It = 0{,}9\ A$$

4 — Calculemos o valor da corrente nas resistências «R1-R2» do circuito original. Repare, o leitor, *que a tensão aplicada à parte em paralelo «Vp», é igual à tensão de alimentação do circuito, menos o valor da queda de tensão «Vs», em «Rs» (ver Fig. 25/2):*

$$Vs = It \times Rs : Vs = 0{,}9 \times 5 : Vs = 4{,}5\ V$$
$$Vp = Vt - Vs : Vp = 12 - 4{,}5 : Vs = 7{,}5\ V$$

Logo,

$$I1 = \frac{Vp}{R1} : I1 = \frac{7{,}5}{12} : I1 = 0{,}625\ A$$

$$I2 = \frac{Vp}{R2} : I2 = \frac{7{,}5}{24} : I2 = 0{,}3125\ A$$

Como sabemos que as duas resistências em paralelo recebem o mesmo valor de tensão, podemos aferir os nossos cálculos:

$$V1 = I1 \times R1 : V1 = 0{,}625 \times 12 : V1 = 7{,}5\ V$$
$$V2 = I2 \times R2 : V2 = 0{,}3125 \times 24 : V2 = 7{,}5\ V$$

Deste modo, a tensão da fonte de alimentação será igual ao valor da tensão aplicada à parte em paralelo, mais o valor da queda de tensão na parte em série:

$$Vt = Vs + Vp : Vt = 4,5 + 7,5 : Vt = 12 \text{ V}$$

Vamos construir um circuito mais complicado, mas com um mínimo de componentes, para praticarmos os cálculos das grandezas nos circuitos mistos. Trata-se de um circuito constituído por três ramos: o ramo «a» formado por duas resistências em série; o ramo «b» formado, também, por duas resistências em série; finalmente, o ramo «c», formado por três resistências em série. Os três ramos encontram-se ligados em paralelo:

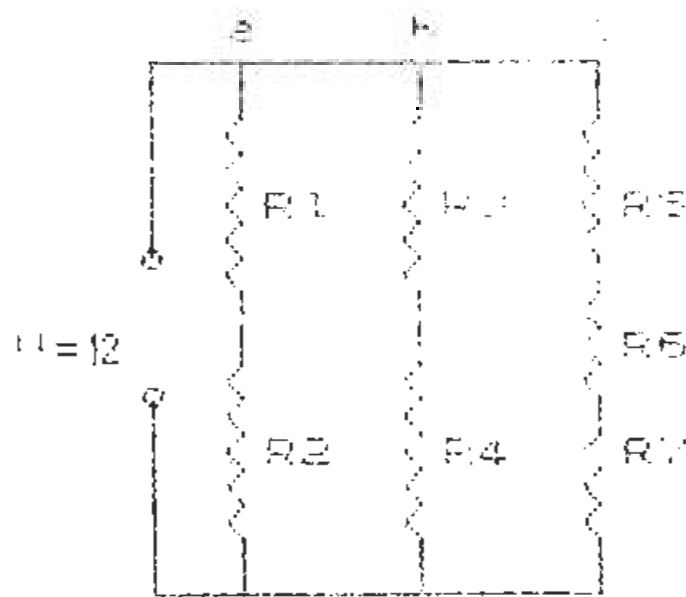



Figura 27/2

O circuito foi reduzido à sua mais simples expressão, representando, unicamente, as resistências e os condutores de ligação. A tensão aplicada tem o valor de 12 V e as resistências têm o valor respectivo indicado na coluna lateral. Vamos proceder aos cálculos começando por resolver as séries dos três ramos:

Ramo «a»:

$$Ra = R1 + R2 : Ra = 5 + 10 : Ra = 15\ \Omega$$



Ramo «b»:

$$Rb = R3 + R4 : Rb = 10 + 20 : Rb = 30\ \Omega$$

Ramo «c»:

$$Rc = R5 + R6 + R7 : Rc = 6 + 4 + 2 : Rc = 12\ \Omega$$

Calculemos, agora, a resistência total:

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} + \frac{1}{12} \quad : \quad \frac{1}{Rt} = \frac{11}{60} : Rt = 5,45\ \Omega$$

Por último, calculemos a corrente total:

$$It = \frac{V}{Rt} : It = \frac{12}{5,45} : It = 2,2 \text{ A}$$

Para conferência, calculemos a corrente em cada ramo:

$$Ia = \frac{V}{Ra} : Ia = \frac{12}{15} : Ia = 0,8 \text{ A}$$

$$Ib = \frac{V}{Rb} : Ib = \frac{12}{30} : Ib = 0,4 \text{ A}$$

$$Ic = \frac{V}{Rc} : Iv = \frac{12}{12} : Iv = 1,0 \text{ A}$$

$$It = Ia + Ib + Ic : It = 0,8 + 0,4 + 1 : It = 2,2 \text{ A}$$

PROBLEMAS C 2.5

13 — Reservámos para si, estimado leitor, o cálculo das quedas de tensão em cada resistência. Lembramos que terá de ter em conta a corrente em cada ramo do circuito. Como habitualmente, encontrará a solução no Apêndice 2.

14 — Reportando-se à figura 27/2, monte uma resistência com 10 Ω, entre os pontos «a» e «b» e outra com 20 Ω, entre os pontos «b» e «c». Calcule a queda de tensão nas três resistências do circuito equivalente.

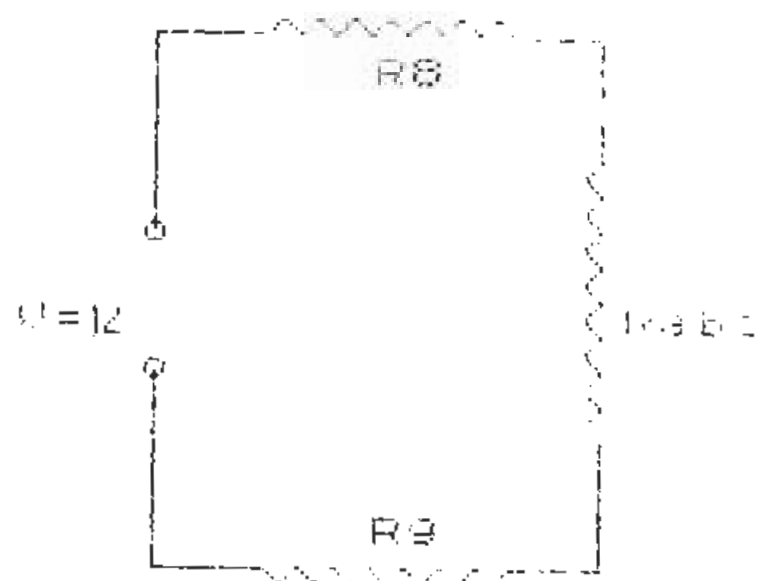



Figura 28/2

Este será o circuito equivalente, após introdução das duas novas resistências: é um simples circuito em série e lembramos que a resistência total dos ramos «a-b-c» já foi calculada.



## CAPÍTULO III

### 1 — Magnetismo

Tal como aconteceu com o conceito de ELECTRICIDADE, vamos procurar conduzir o leitor para uma definição, tão correcta quanto possível, do conceito de MAGNETISMO.

Propomos, como uma das possíveis definições, a seguinte:

— *MAGNETISMO é a propriedade que certos materiais possuem, de exercerem forças de atracção sobre outros materiais.*

Esta definição não nos parece suficientemente ampla, pelo que propomos, ainda, a seguinte:

— *MAGNETISMO é o campo da física que estuda os fenómenos de origem magnética.*

Todos conhecemos as propriedades magnéticas ou, por outras palavras, a capacidade que os «ímanes» possuem de atraírem certos metais, especialmente o ferro e as suas ligas.

#### *Os ímanes naturais*

O único íman natural existente é a «magnetite», minério de óxido de ferro, com o qual foram fabricadas as primeiras bússo-

las. Com efeito, uma das propriedades dos ímanes consiste em se orientarem sempre na mesma direcção — o Pólo Norte, ou pólo magnético da Terra.

A própria Terra funciona como um imenso íman, com dois pólos opostos, a que se convencionou chamar «Pólo Norte» e «Pólo Sul».

Se talharmos um pedaço de magnetite, dando-lhe a forma de uma barra e suspendermos essa barra por um fio colocado no seu centro geométrico, esta, após algumas oscilações, toma uma determinada orientação: *o extremo voltado para o Norte geográfico será o Pólo Norte do íman, o outro extremo será o Pólo Sul do íman.*

### *Os ímanes artificiais*

O Homem, na sua eterna ambição de ultrapassar a Natureza, fabricou ímanes artificiais, os quais, verdade seja dita, possuem características muito superiores às da magnetite. Os primeiros ímanes artificiais eram construídos com aço temperado. Mais tarde, foram experimentados, com sucesso, outros materiais e ligas metálicas, como o cobalto, o «ALNICO» e o «PERMALLOY».

Certos materiais não mantêm as propriedades magnéticas, quando afastados do contacto com os ímans: é o caso do ferro macio, que, como sabemos, adquire «magnetismo» e é capaz de atrair outros objectos de ferro, *se estiver em contacto com um íman;* se afastarmos o íman, o ferro macio perde a capacidade de atracção. Esta propriedade revela-se de extrema importância, sendo a origem dos «eléctro-ímanes», de que, mais adiante, nos ocuparemos.

A capacidade dos materiais em «magnetizarem-se», com maior ou menor facilidade, depende da sua «permeabilidade». Sendo uma grandeza relativa, não possui unidade de expressão. A classificação dos materiais em «magnéticos» e «não magnéticos» será, assim, função da sua permeabilidade e podemos colocá-los em três grandes grupos:

a) Materiais ferro-magnéticos

Neste grupo incluiem-se o ferro, o aço, o níquel, o cobalto e algumas ligas comerciais, como o «ALNICO». Inclui, também,



a «FERRITE», aglomerado cerâmico de materiais magnéticos, com grande aplicação nos núcleos dos transformadores de rádio-frequência.

b) Materiais paramagnéticos

Incluiem-se o alumínio, o crómio, o manganês e a platina.

c) Materiais diamagnéticos

Temos, neste grupo, o bismuto, o antimónio, o cobre, o zinco, o ouro, a prata e o mercúrio.

### *O campo magnético*

Já vimos que os ímanes possuem dois pólos opostos, que se convencionou chamar de Pólo Norte e Pólo Sul, conforme a orientação que o íman toma, quando liberto de atritos. Da mesma forma que as cargas eléctricas, assim *os pólos do mesmo nome repelem-se e os de nome diferente atraem-se.*

A força de atracção ou de repulsão tem como origem o «campo magnético», sendo este consequência de uma determinada configuração atómica dos materiais. Tal como a corrente eléctrica, o campo magnético estabelece-se ou «flui», segundo determinadas leis, facilmente verificáveis. Vejamos, em primeiro lugar, a forma do campo magnético de um íman em forma de barra:

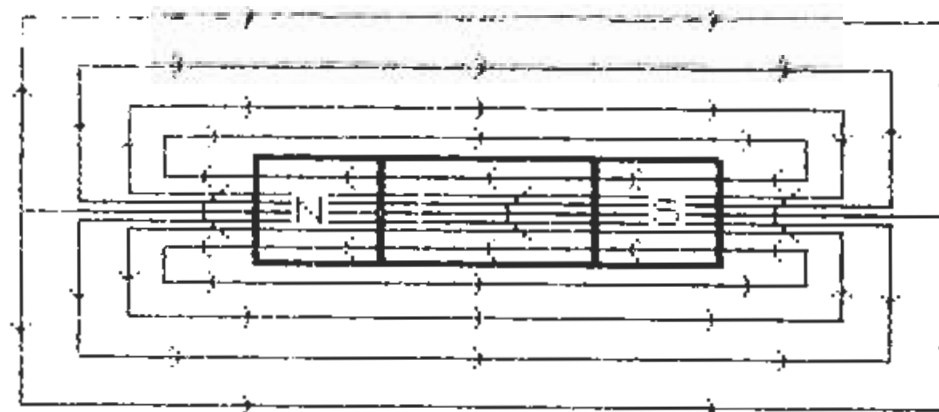



Figura 1/3

A figura representa um íman em forma de barra, vendo-se as «linhas de força», cujo conjunto constitui o campo magnético do íman. A capacidade de atracção de um íman de barra depende *da concentração do seu campo magnético ou, por outras palavras, do número de linhas de força que o constituem e da sua posição relativamente à linha de eixo da barra.*

O leitor notará que as linhas de força têm origem no pólo Norte e retornam ao íman pelo pólo Sul, num circuito fechado. A sua maior concentração situa-se junto ao eixo longitudinal da barra: razão pela qual *a força de atracção vai diminuindo à medida que se afastam dos objectos ferro-magnéticos.*

Vamos descrever uma experiência clássica que possibilitará, ao leitor, visualizar a forma do campo magnético de qualquer íman: basta munir-se de um íman, de um pedaço de cartolina fina e de limalha de ferro em pó:

— coloque a cartolina assente sobre o íman (sobre a face, se for um íman em forma de barra);

— espalhe a limalha de ferro, uniformemente, de forma a cobrir uma superfície duas a três vezes superior à da barra;

— dê pequenas pancadas na cartolina: a limalha de ferro distribui-se segundo as linhas de força do campo magnético do íman, tomando um aspecto muito semelhante ao representado pela figura 1/3.

Os ímanes podem apresentar configurações muito variadas, consoante a aplicação: em forma de barra, em forma de ferradura, cilíndricos longos ou achatados, ou sob a forma de rodelas com poucos milímetros de espessura e a clássica forma trapezoidal alongada das agulhas das bússolas.

Tomemos como segundo exemplo um íman cilíndrico: se o leitor fizer a experiência com a limalha de ferro, colocando a cartolina assente num dos topos do cilindro, verá que a limalha se distribui sob a forma de círculos concêntricos, mais concentrados junto ao cilindro e aumentando de diâmetro, conforme as linhas de força se afastam do eixo do cilindro.



A figura seguinte dá-nos uma imagem do campo magnético de um íman cilíndrico:

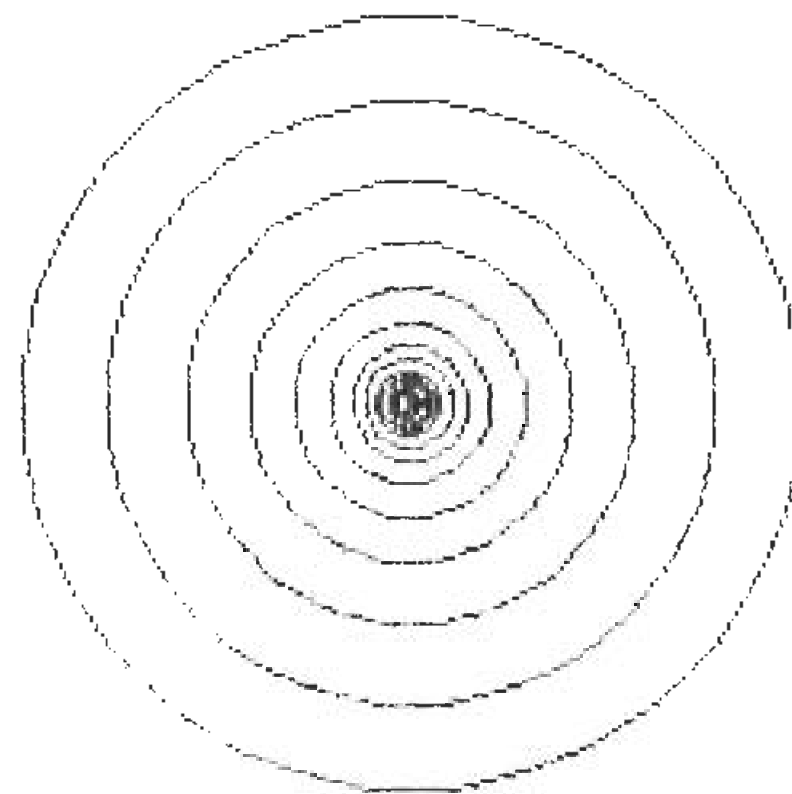



Figura 2/3

## 2 — Electromagnetismo

*A passagem da corrente eléctrica através de um condutor produz, nesse condutor, um campo magnético, cuja intensidade é proporcional ao valor da corrente.*

Esta é a mais relevante lei do electromagnetismo, fenómeno determinante no funcionamento de, praticamente, todos os equipamentos que acompanham a nossa vida quotidiana.

A tensão alterna de 220 V presente nas nossas instalações, tem origem num gerador, cujo princípio de funcionamento é o electromagnetismo: o mesmo acontece com a corriqueira campainha de porta ou com o gravador de cassetes, cujas cabeças de leitura e apagamento constituem pequenos e sensíveis dispositivos electromagnéticos.

Quando o leitor carrega no botão que faz abrir o trinco da porta da rua, está a fechar um circuito que contém um dispositivo electromagnético. O som produzido pelos altifalantes da sua aparelhagem sonora tem origem nas vibrações de um cone de cartão moldado, solidário a uma bobina que se desloca no campo magnético de um íman permanente: as vibrações do cone são produzidas pelas variações do campo electromagnético gerado na bobina.

Como o leitor já se apercebeu, não será difícil encontrar exemplos de equipamentos ou aparelhos, cujo funcionamento se baseie no electromagnetismo: com efeito, poucos são aqueles em que os fenómenos electromagnéticos estão ausentes. Naturalmente, as lâmpadas de iluminação, a torradeira e o ferro de engomar, nada têm a ver com este fenómeno, mas o frigorífico, a máquina de lavar e o aspirador, são mais alguns exemplos da sua aplicação.

### *O campo magnético nos condutores*

As linhas de força do campo magnético gerado pela passagem da corrente eléctrica nos condutores, tomam forma semelhante à dos ímanes cilíndricos, isto é, formam círculos concêntricos, de maior densidade junto ao eixo do condutor e diminuindo de concentração à medida que o diâmetro aumenta. *O número de linhas de força e a sua distribuição pelo espaço que rodeia o condutor dependem da intensidade da corrente que o atravessa.*

Vamos executar uma montagem muito simples, que demonstrará a presença do campo magnético nos condutores, quando percorridos pela corrente eléctrica. O equipamento necessário é mínimo:

— 1 bateria de 12 V (ou 8 pilhas de 1,5 V em série)
— 1 reóstato bobinado com 50 Ω para 20 W
— 1 interruptor para 4 A
— 1 fusível para 2 A
— 1 pequena bússola portátil
— fio de cobre isolado com cerca de 1 mm de diâmetro



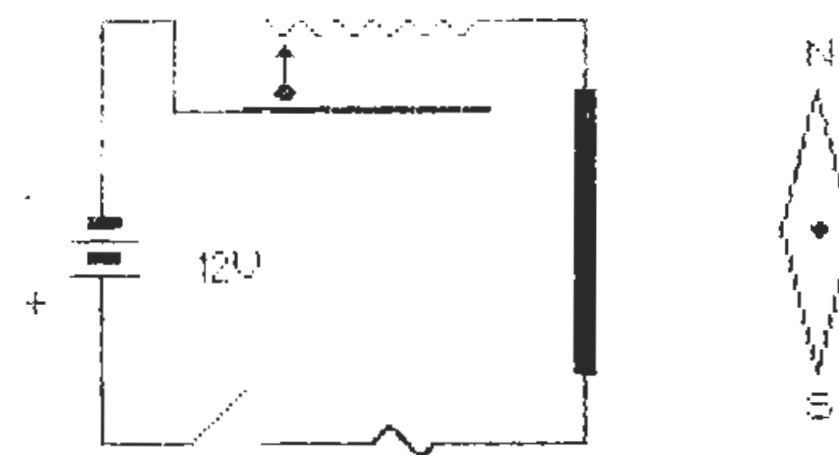
Montemos os componentes conforme o seguinte esquema:

Prima F p/fechar o interruptor

Figura 3/3

A figura mostra o interruptor aberto e o cursor do reóstato na posição correspondente à máxima resistência. Nestas condições, quando o leitor fechar o circuito, a corrente será de:

$$I = \frac{V}{R} \therefore I = \frac{12}{50} \therefore I = 0{,}24 \text{ A}$$

A faixa vertical que envolve o condutor, do lado direito do circuito, tem por única finalidade assinalar a zona de influência no campo magnético sobre a bússola, estando esta representada por uma agulha magnética.

O leitor deverá ter a preocupação de orientar o circuito e a bússola, de forma a que alinha N/S fique paralela ao condutor, conforme representada na figura 3/3.

Tudo pronto? Então feche o interruptor: em princípio, nada deve acontecer, pois o valor da corrente será insuficiente para gerar um campo magnético capaz de influenciar a bússola; rode o comando do reóstato de forma a diminuir a resistência e, consequentemente, a obter maior corrente: a agulha começará a deslocar-se, rodando o pólo N no sentido do condutor.

Com o reóstato no mínimo da sua resistência (cerca de 10 Ω), a corrente será de cerca de 1,2 A: nessas condições, a agulha terá rodado 90 graus, com a linha N/S perpendicular ao condutor. Nessa posição, abra o interruptor: a corrente deixa de circular e a agulha voltará à sua posição primitiva.

Feche, de novo, o interruptor e aumente progressivamente a resistência: a corrente diminuirá e a agulha da bússola começará a rodar no sentido dos ponteiros do relógio, até ocupar a posição inicial.

Prevendo a hipótese de o leitor não ter acesso aos componentes necessários à realização desta experiência, ou preferir tirar pleno rendimento do seu computador (o que louvamos), concebemos um programa, o qual, uma vez introduzido e executado, simulará todas as fases da mesma. Eis a respectiva listagem:

PROGRAMA P 1.3

```
   1 REM CAMPO MAGNETICO NUM CONDUTOR
  10 DIM x$(32)
  20 LET z=0: LET y=11: LET x1=4: LET x2
=5
 100 GO SUB 800: PRINT AT 9,5;"012";AT 1
0,5;"012"
 110 FOR f=11 TO 16: PRINT AT 3,f;"x": N
EXT f
 120 PRINT AT 10,9;"B";AT 15,14;"#$";AT
 9,26;"P"
 130 GO SUB 900: PRINT AT 8,4;"-";AT 11,
4;"+";AT 10,10;"V";AT 4,26;"N";AT 14,26;
"S"
 140 PLOT 51,103: DRAW 0,44: DRAW 16,0:
DRAW 0,-21: DRAW 16,0
 150 FOR f=0 TO 1: PLOT 83,127-f: DRAW 5
6,0: NEXT f
```



```
 160 PLOT 51,88: DRAW 0,-37: DRAW 20,0:
PLOT 87,51: DRAW 24,0: PLOT 127,51: DRAW
 32,0: DRAW 0,96: DRAW -24,0
 170 FOR f=0 TO 4: PLOT 157+f,67: DRAW 0
,64: NEXT f
 180 GO SUB 300
 190 GO SUB 800: PRINT AT 4,y;"[";AT 5,y
;"\"
 200 GO SUB 900: GO SUB 500
 210 PRINT AT 18,1;"Prima F p/fechar o i
nterruptor "
 220 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 220
 230 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310
 240 GO SUB 1000: GO SUB 2000: GO TO 201
0
 300 PLOT 71,51: DRAW 12,12: RETURN
 310 PLOT 71,51: DRAW 16,0: RETURN
 500 PLOT 203,99: DRAW 8,-32: DRAW 8,32:
 DRAW -8,32: DRAW -8,-32: RETURN
 510 GO SUB 900: PRINT AT 5,22;" ";AT 13
,30;" ";AT 4,26;"N";AT 14,26;"S": RETURN

 520 GO SUB 900: PRINT AT 4,26;" ";AT 14
,26," ";AT 9,21;"N";AT 9,31;"S": RETURN
 530 GO SUB 900: PRINT AT 9,21;" ";AT 9,
31;" ";AT 4,26;"N";AT 14,26;"S": RETURN
 550 PLOT 179,99: DRAW 32,8: DRAW 32,-8:
 DRAW -32,-8: DRAW -32,8: RETURN
 560 GO SUB 900: PRINT AT 4,26;" ";AT 14
,26;" ";AT 5,22;"N";AT 13,30;"S": RETURN

 570 GO SUB 900: PRINT AT 9,21;" ";AT 9,
31;" ";AT 5,22;"N";AT 13,30;"S": RETURN
 600 PLOT 235,75: DRAW -30,18: DRAW -18,
```

```
30: DRAW 30,-18: DRAW 18,-30: RETURN
 610 GO SUB 900: PRINT AT 5,22;" ";AT 13
,30;" ";AT 9,21;"N";AT 9,31;"S": RETURN
 800 POKE 23606,96: POKE 23607,233: RETU
RN
 900 POKE 23606,0: POKE 23607,60: RETURN

1000 FOR f=17 TO 21: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f: RETURN
2000 PRINT AT 18,0;"Prima M para aumenta
r a correntePrima Z para diminuir a corr
entePrima A para abrir o interruptor
 Prima O para terminar": RETURN
2010 LET c=CODE INKEY$: IF c<>109 AND c<
>122 AND c<>97 AND c<>48 THEN  GO TO 201
0
2020 IF c=109 THEN  LET z=1: GO TO 3000
2030 IF c=122 THEN  LET z=0: GO TO 4000
2040 IF c=48 THEN  STOP
2050 IF c=97 THEN  INVERSE 1: GO SUB 310
: INVERSE 0: GO SUB 300: GO SUB 1000
2060 IF y>=15 THEN  INVERSE 1: GO SUB 55
0: INVERSE 0: GO SUB 500: GO SUB 530
2070 IF y>=12 OR y<=15 THEN  INVERSE 1:
GO SUB 600: INVERSE 0: GO SUB 500: GO SU
B 510
2500 PRINT AT 18,1;"Prima F p/ fechar o
interruptor"
2510 IF INKEY$<>"f" AND INKEY$<>"F" THEN
  GO TO 2510
2520 INVERSE 1: GO SUB 300: INVERSE 0: G
O SUB 310: GO SUB 1000: GO SUB 2000
2530 IF y>=15 THEN  INVERSE 1: GO SUB 50
0: INVERSE 0: GO SUB 550: GO SUB 520: GO
 TO (3020 AND z=1)+(4020 AND z=0)
2540 IF y>=11 OR y<=15 THEN  INVERSE 1:
```



```
GO SUB 500: INVERSE 0: GO SUB 600: GO SU
B 560: GO TO (3020 AND z=1)+(4020 AND z=
0)
3000 IF y>=16 THEN  LET y=16: GO TO 3020
3010 LET y=y+1
3020 GO SUB 800: PRINT AT x1,y;"[";AT x2
,y;"\";AT x1,y-1;" ";AT x2,y-1;" "
3030 IF y>=12 THEN  IF y<15 THEN  INVERS
E 1: GO SUB 500: INVERSE 0: GO SUB 600:
GO SUB 560
3040 IF y>=15 THEN  INVERSE 1: GO SUB 60
0: INVERSE 0: GO SUB 550: GO SUB 610: GO
 SUB 520
3050 GO SUB 900: PAUSE 0: GO TO 2010
4000 IF y<=11 THEN  LET y=11: GO TO 4020
4010 LET y=y-1
4020 GO SUB 800: PRINT AT x1,y;"[";AT x2
,y;"\";AT x1,y+1;" ";AT x2,y+1;" "
4030 IF y<15 THEN  INVERSE 1: GO SUB 550
: INVERSE 0: GO SUB 600: GO SUB 570
4040 IF y<12 THEN  INVERSE 1: GO SUB 600
: INVERSE 0: GO SUB 500: GO SUB 510
4050 GO SUB 900: PAUSE 0: GO TO 2010
9000 SAVE "campmagnet" LINE 9100
9010 VERIFY "campmagnet": STOP
9100 LOAD "electgraf"CODE : RUN

9010 SAVE "electgraf"CODE 60000,768
9020 VERIFY "": VERIFY ""CODE : STOP
```

Por razões que se prendem com as limitações do BASIC, o movimento da agulha não terá aquela suavidade que se obteria na experiência real: limitar-se-á a três posições bem definidas, posições essas em consonância com o valor da resistência introduzida no circuito, através do reóstato.

Assim, ao fechar o interruptor, o leitor obterá, no ecrã, a imagem representada pela figura seguinte:

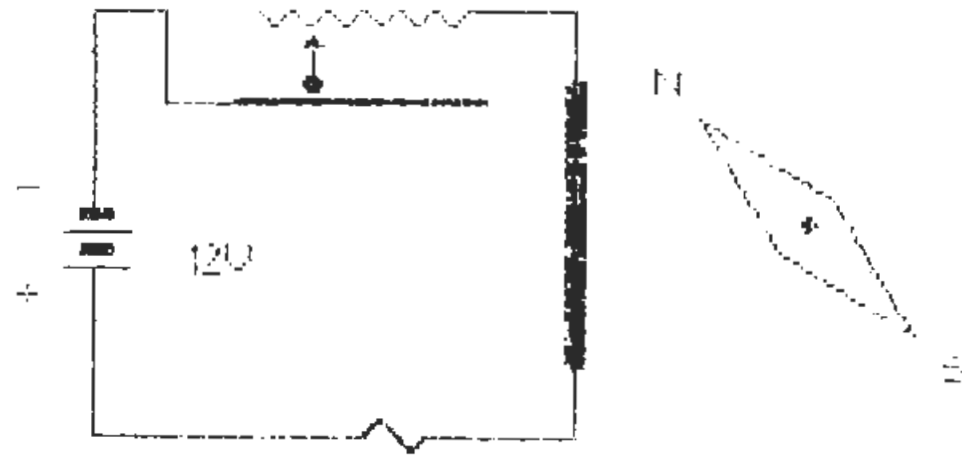



Figura 4/3

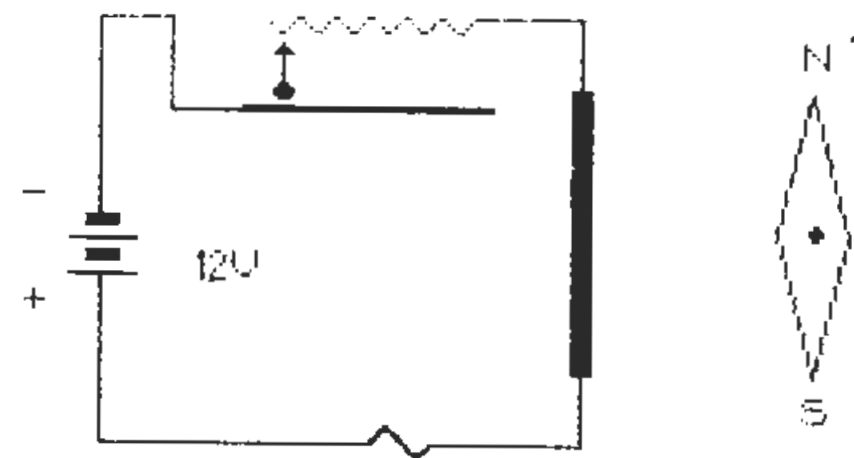
Siga as indicações do programa: premindo a tecla «M» aumentará o valor da corrente e, a partir de certa posição do cursor, a agulha rodará 45 graus, conforme mostra a figura:

Prima M para aumentar a corrente
Prima Z para diminuir a corrente
Prima A para abrir o interruptor
Prima O para terminar

Figura 5/3



Continuando a diminuir a resistência, obterá o desvio máximo da agulha, cuja linha N/S ficará perpendicular ao condutor, tal como a figura 6/3 representa:

Figura 6/3

Em qualquer altura, o leitor poderá abrir o interruptor: como seria previsível, *a corrente deixará de circular e o campo magnético é interrompido.* Prima a tecla «A» para abrir o interruptor: *a agulha voltará imediatamente à sua primitiva posição.*

O programa pede-lhe, agora, para fechar o interruptor: *a agulha retomará a posição correspondente à intensidade do campo magnético gerado no condutor, pelo valor da corrente existente antes da interrupção.*

Cabe, agora, ao leitor, introduzir o programa com os cuidados habituais, gravando-o com o comando directo «GO TO 9000», depois de ter carregado os gráficos «electgraf» com o comando «GO TO 9100»: o programa arrancará automaticamente, obtendo no ecrã a imagem representada pela figura 3/3.

*As bobinas e o campo magnético*

Se enrolarmos um fio metálico à volta de um cilindro, o fio toma a forma de uma espiral cilíndrica, composta por tantas espiras, quantas as voltas dadas ao fio: *retiremos o cilindro que serviu de matriz e obteremos uma «bobina».*

As bobinas podem ser constituídas, quer por um conjunto de espiras que se desenvolvem no sentido longitudinal, quer por espiras sobrepostas, que se vão enrolando em camadas sucessivas, formando como que uma espécie de «novelo».

São diversas as aplicações das bobinas. No início desta rubrica referimo-nos a equipamentos, cujo funcionamento tinha como princípio o electromagnetismo: alguns continham dispositivos especiais — os «electro-ímanes», cuja constituição pode comportar uma ou mais bobinas.

Se ligarmos uma bobina a uma fonte de tensão, a corrente eléctrica, ao percorrer a bobina, *gera um campo magnético cujas linhas de força se concentram no seu interior.* A intensidade do campo magnético é função do valor da corrente, tal como nos condutores rectilíneos, mas depende, também, do número de espiras e do seu diâmetro.

Se o interior da bobina for preenchido com um núcleo de ferro macio, *as linhas de força concentram-se no núcleo e este transforma-se num iman, com todas as suas propriedades: capacidade de atracção e de orientação.* Acabámos de descrever o «electroíman», esse famoso dispositivo que faz funcionar as campainhas ou os trincos das portas.

Para além destes equipamentos corriqueiros, o leitor encontra em sua casa outras aplicações dos electro-imanes: as válvulas electromagnéticas que abrem e fecham a circulação da água nas máquinas de lavar, este é um exemplo, outro serão os dispositivos de segurança dos fogões e esquentadores, a que já nos referimos quando falámos nos geradores de energia eléctrica: estes dispositivos não são mais que electro-ímanes, cuja tensão é fornecida pelos termo-pares.

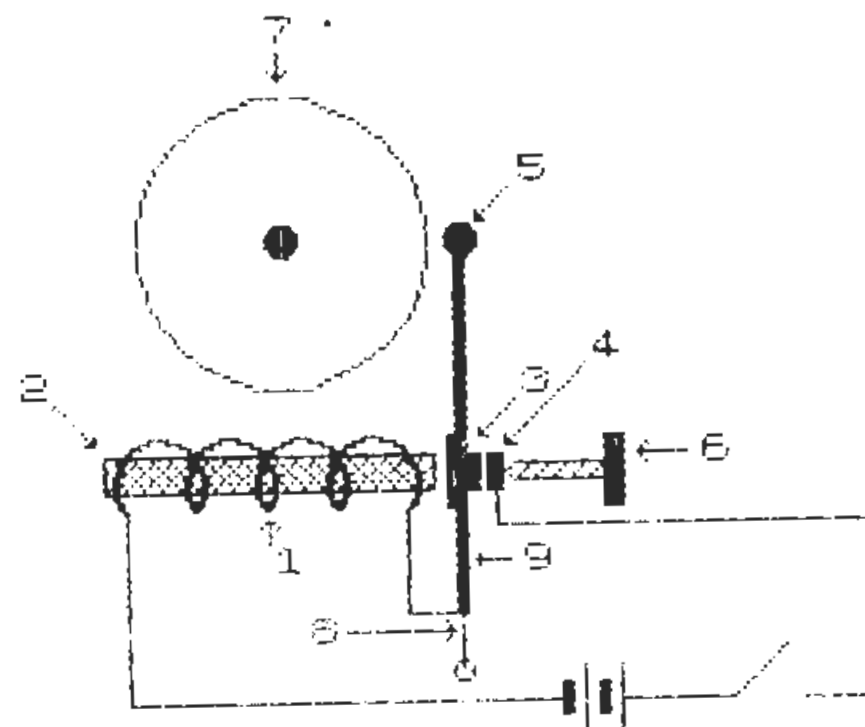
Vamos analisar o funcionamento de um electro-íman, servindo-nos de uma vulgar campainha. A figura seguinte representa o esquema mecânico e o circuito eléctrico de uma campainha, cujo elemento de base é um electro-iman cilíndrico:



Figura 7/3

*LEGENDA*

1 — bobina do electro-íman
2 — núcleo em ferro macio do electro-íman
3 — platinado móvel, solidário com a haste do martelo
4 — platinado fixo, regulável
5 — martelo esférico
6 — parafuso de regulação do platinado fixo
7 — campânula sonora
8 — mola da haste do martelo
9 — haste do martelo

A bobina do electro-íman está ligada em série com uma bateria, um interruptor na posição de aberto e os platinados «3-4», em contacto pela acção da mola «8».

O funcionamento da campainha é muito simples, constituindo um «ciclo infinito», enquanto a bobina for alimentada em tensão. Analisemos esse ciclo, fase a fase:

1.ª Fase: a bobina não recebe tensão, pois o interruptor está aberto: é a situação representada na figura 7/3.

NOTA: *O leitor notará a existência de um intervalo entre os platinados «3-4»; esta representação destina-se a permitir a distinção entre os dois platinados, os quais, na realidade, se encontram encostados, pela acção da mola «8».*

2.ª Fase: o interruptor é fechado — a corrente é estabelecida:

a) a bobina «1» é percorrida pela corrente eléctrica e desenvolve um campo magnético, cujas linhas de força se concentram no núcleo «2»;
b) o electro-íman atrai a haste do martelo «9» e este bate na campânula «7».

3.ª Fase: a corrente é interrompida:

a) a atracção da haste do martelo provoca o afastamento dos platinados «3-4»;
b) o electro-íman deixa de atrair a haste do martelo e este regressa à sua posição inicial.

4.ª Fase: a corrente volta a ser estabelecida:

a) logo que o martelo deixa de sofrer a atracção do electro-íman, os platinados «3-4» voltam a encostar-se;
b) fechado o circuito, a haste é novamente atraída e o martelo dá uma segunda pancada na campânula.

5.ª Fase: o ciclo repete-se, com retorno à 3.ª Fase.

Como o leitor poderá deduzir, ou saber, pela sua própria experiência, o movimento do martelo é muito rápido e as sucessivas pancadas na campânula produzem o conhecido «tilintar» característico das campainhas.

A frequência do ciclo «liga-desliga» pode ser alterada pela acção do parafuso de afinação «6», que permite afastar ou aproximar o martelo do electro-íman: quanto mais perto este estiver do efeito do campo magnético, maior será a frequência dos batimentos; inversamente, diminuimos o número de pancadas por segundo, ao afastarmos a haste do electro-íman.



### *Os relés*

Uma outra interessante aplicação dos electro-ímanes encontra-se nos «relés». O termo «relé» é um aportuguesamento do termo francês «*relais*», cujo significado, no âmbito da electricidade, é «ligação, ponte». Com efeito, o relé é um dispositivo que permite comandar um circuito com um elevado valor de corrente, por meio de um circuito de baixa intensidade. Sejamos mais claros: admitamos que o leitor pretende comandar, à distância, a ligação de um qualquer equipamento de grande potência. Como já sabe, a potência consiste na relação entre a corrente e a tensão, de tal forma que, se tiver um aquecedor eléctrico funcionando com uma tensão de 220 V e produzindo uma corrente de 20 A, a sua potência será de 4400 W.

Tal equipamento exige um circuito constituído por componentes devidamente dimensionados para o valor da corrente, nomeadamente os cabos de ligação e o interruptor. O comando à distância obrigaria, desta forma, à existência de um circuito com muitos metros de cabo de grande secção e um interruptor, cujos contactos fossem capazes de suportar o «corte» de 20 A. Fácil será imaginar o custo de tal instalação, nada tendo de semelhante ao vulgar circuito para uma lâmpada de 60 W.

Vamos resolver o problema com a instalação de dois circuitos: um circuito «primário», constituído por um vulgar interruptor e por um cabo de iluminação; outro, dito «secundário», constituído pelo relé e pela alimentação do aquecedor.

Nestas circunstâncias, o circuito primário, de fraca intensidade, comandaria o circuito secundário, de elevada corrente. Concretizemos com a figura da página seguinte.

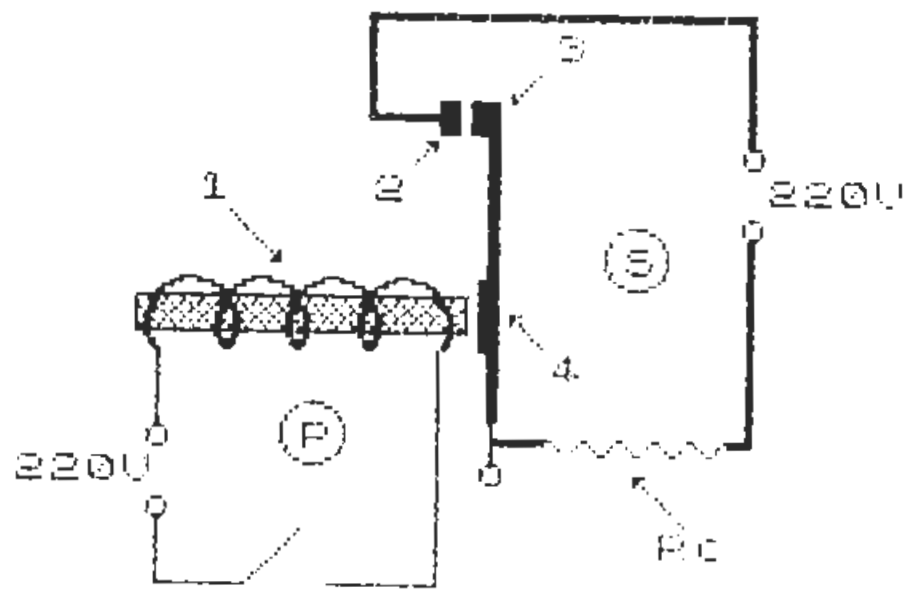



Figura 8/3

*LEGENDA*

1 — electro-íman
2 — platinado fixo
3 — platinado móvel
4 — haste do relé

Rc — resistência de carga
P — circuito primário
S — circuito secundário

O funcionamento do relé não carece de grandes explicações. Retomando a situação que imaginámos para si, vamos admitir que o leitor liga o interruptor do circuito primário: a corrente é estabelecida e a haste do relé é atraída pelo electro-íman. Nesta altura, os platinados «2-3» entram em contacto, fechando o circuito secundário e o aquecedor recebe tensão, começando a funcionar.

Os dois circuitos são, por consequência, independentes, sem que a elevada corrente do secundário afecte, minimamente, o circuito primário. *Enquanto o interruptor estiver ligado, o aquecedor funcionará, pois o electro-íman manterá os platinados encostados.*

Como o leitor pode aperceber-se, os platinados do relé funcionam como *um interruptor de grande capacidade,* suportando o «corte» da elevada corrente do circuito secundário: obviamente, terão de possuir as apropriadas dimensões.



A alimentação do circuito primário de um relé pode ser constituída por pilhas e o interruptor pode ser, por exemplo, um «termóstato», isto é, um dispositivo que «interrompe» a corrente quando a temperatura ambiente atinge um determinado valor. Deste modo, torna-se possível o comando de qualquer circuito alimentado a 220 V, por um relé alimentado a 3 ou 6 V.

## 3 — A indução electromagnética

*Quando as linhas de força de um campo magnético interceptam um condutor, é induzida uma tensão nos extremos desse condutor.*

Este fenómeno, denominado «indução electromagnética», constitui o princípio de funcionamento dos geradores rotativos e dos motores de indução, vulgarmente conhecidos por motores eléctricos. Estes dispositivos serão, mais adiante, objecto de uma breve abordagem.

A indução electromagnética verifica-se *sempre que existe um movimento relativo entre um campo magnético e um condutor.* Se o condutor ou o campo magnético estiverem, ambos, parados, a indução não se produzirá, mesmo que as linhas de força atravessem o condutor.

Vamos demonstrar a indução electromagnética através de uma montagem constituída por um íman em forma de ferradura, um condutor e um aparelho muito sensível, denominado «galvanómetro». Este instrumento tem a particularidade de indicar, para além da presença de tensões, também a sua polaridade: uma agulha desloca-se sobre um quadrante com o «zero» ao centro, graduado em «+ V» e «— V». Não havendo tensão, a agulha indicará «0 V».

A montagem que concebemos destina-se a ser «instalada» no computador do leitor, por meio do programa, cuja listagem se seguirá. Entretanto, vejamos como se apresentam as imagens:

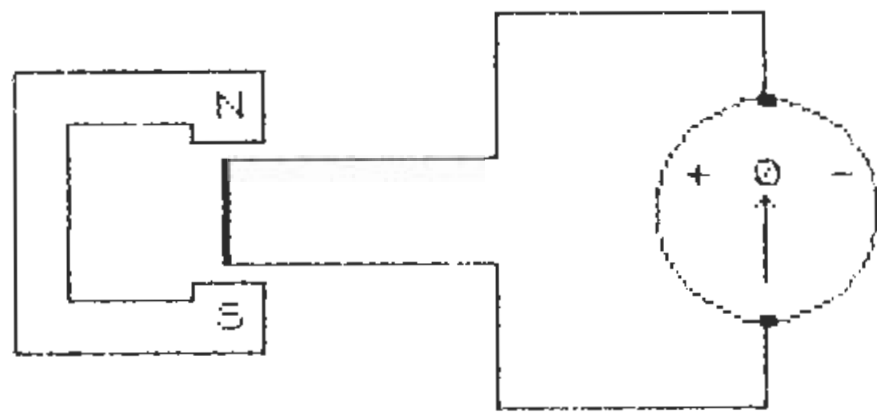



Figura 9/3

Do lado direito temos o galvanómetro, cuja agulha aponta para «0 V». Aos bornes do galvanómetro encontra-se ligado um condutor, em circuito fechado, com uma extensão que, na figura, está representada por um traço vertical, a cheio. Sobre o condutor, imobilizado, encontra-se um íman em forma de ferradura.

1) As linhas de força do campo magnético do íman atravessam o condutor. Não existindo movimento relativo entre este e o íman, a indução electromagnética não se produz e a agulha do galvanómetro aponta «0 V»;
2) Desloquemos o íman para a direita: as linhas de força do campo magnético, no seu movimento relativo, *induzem uma tensão no condutor,* a qual é acusada pelo galvanómetro, cuja agulha se desloca para «+ V»;

   2.1) Imobilizado o íman, o efeito de indução interrompe-se e a agulha do galvanómetro volta para «0 V»:

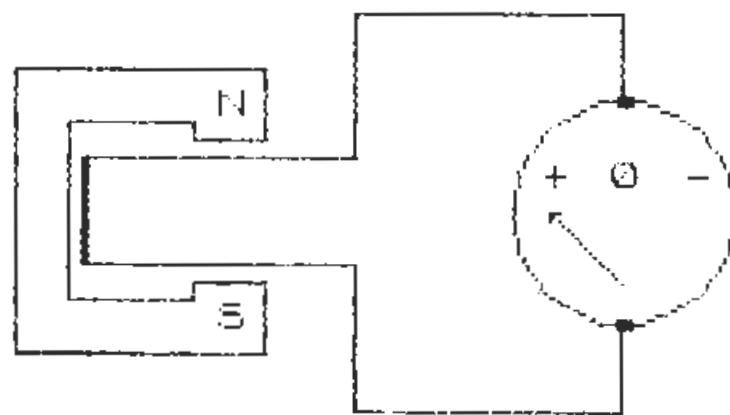



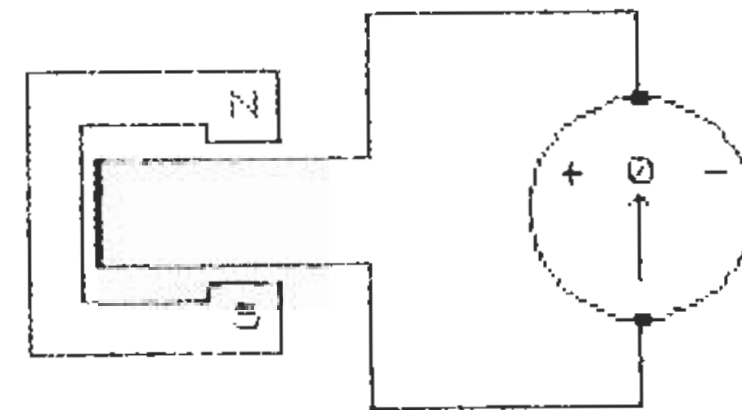
Figura 10/3



Figura 11/3

3) Desloquemos, novamente, o íman, para a sua posição primitiva: o efeito de indução volta a manifestar-se e a agulha do galvanómetro indicará uma tensão de «—V»;

   3.1) Imobilizado o íman, o galvanómetro indicará «0 V».

4) Desloquemos, agora, o íman para a esquerda, afastando-o do condutor: a indução electromagnética provoca uma tensão que é acusada no galvanómetro, cuja agulha aponta para «+ V»;

   4.1) Imobilizado o íman, cessa a indução e a agulha do galvanómetro volta a «0 V»:

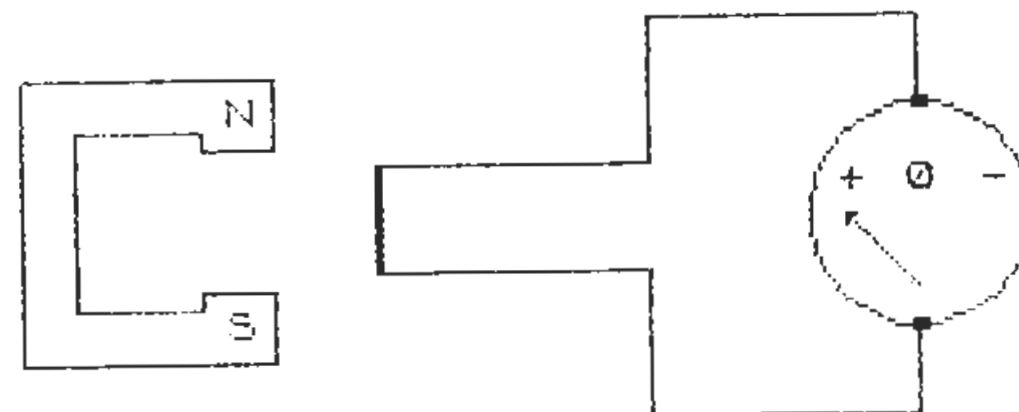



Figura 12/3

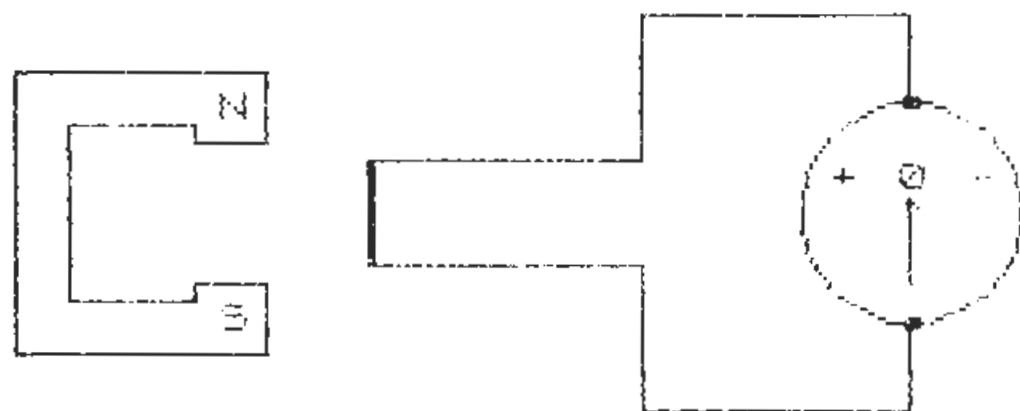



Figura 13/3

Passemos, agora, à listagem do programa que permitirá, ao leitor, fazer esta instalação no seu computador e constatar a manifestação da indução electromagnética:

PROGRAMA P 2.3

```
   1 REM PROGRAMA P2.3 INDUCAO ELECTROMA
GNETICA
  10 DIM x$(32)
  20 POKE 23658,0
 100 CIRCLE 211,75,25: PRINT AT 11,24;"+
 0 -"
 110 CIRCLE 211,100,1.5: CIRCLE 211,50,1
.5: FOR f=0 TO 1: PLOT 90+f,63: DRAW 0,2
4: NEXT f
 120 PLOT 211,50: DRAW 0,-20: DRAW -60,0
: DRAW 0,33: DRAW -60,0: DRAW 0,24: DRAW
 60,0: DRAW 0,33: DRAW 60,0: DRAW 0,-20
 130 PLOT 99,59: GO SUB 500: PRINT AT 9,
11;"N";AT 15,11;"S"
 140 GO SUB 1000: GO SUB 2000: GO SUB 16
0
```



```
 150 GO TO 3000
 160 LET c=CODE INKEY$: IF c<>48 AND c<>
97 THEN  GO TO 160
 170 IF c=97 THEN  RETURN
 180 IF c=48 THEN  STOP
 500 RESTORE : FOR f=1 TO 12: READ a,b:
DRAW a,b: NEXT f: RETURN
1000 PLOT 211,59: DRAW 0,19: PLOT 211,78
: DRAW 2,-2: PLOT 211,78: DRAW -2,-2: RE
TURN
1100 PLOT 211,59: DRAW -16,16: PLOT 195,
75: DRAW 2,0: PLOT 195,75: DRAW 0,-2: RE
TURN
1200 PLOT 211,59: DRAW 16,16: PLOT 227,7
5: DRAW 0,-2: PLOT 227,75: DRAW -2,0: RE
TURN
2000 PRINT AT 20,3;"Prima A para mover o
 iman";AT 21,5;"Prima O para terminar":
RETURN
2500 FOR f=20 TO 21: PRINT AT f,0;x$: NE
XT f: RETURN
3000 GO SUB 2500: PRINT AT 9,11;" ";AT 1
5,11;" ": INVERSE 1: PLOT 99,59: GO SUB
500: INVERSE 0: PLOT 131,59: GO SUB 500
3010 PRINT AT 9,15;"N";AT 15,15;"S": INV
ERSE 1: GO SUB 1000: INVERSE 0: GO SUB 1
100
3020 FOR f=1 TO 400: NEXT f: INVERSE 1:
GO SUB 1100: INVERSE 0: GO SUB 1000
3030 GO SUB 2000: GO SUB 160
3040 GO SUB 2500: PRINT AT 9,15;" ";AT 1
5,15;" ": INVERSE 1: PLOT 131,59: GO SUB
 500: INVERSE 0: PLOT 99,59: GO SUB 500
3050 PRINT AT 9,11;"N";AT 15,11;"S": INV
ERSE 1: GO SUB 1000: INVERSE 0: GO SUB 1
200
```

```
3060 FOR f=1 TO 400: NEXT f: INVERSE 1:
GO SUB 1200: INVERSE 0: GO SUB 1000
3070 GO SUB 2000: GO SUB 160
3080 GO SUB 2500: PRINT AT 9,11;" ";AT 1
5,11;" ": INVERSE 1: PLOT 99,59: GO SUB
500: INVERSE 0: PLOT 67,59: GO SUB 500
3090 PRINT AT 9,7;"N";AT 15,7;"S": INVER
SE 1: GO SUB 1000: INVERSE 0: GO SUB 110
0
3100 FOR f=1 TO 400: NEXT f: INVERSE 1:
GO SUB 1100: INVERSE 0: GO SUB 1000
3110 GO SUB 2000: GO SUB 160
3120 GO SUB 2500: PRINT AT 9,7;" ";AT 15
,7;" ": INVERSE 1: PLOT 67,59: GO SUB 50
0: INVERSE 0: PLOT 99,59: GO SUB 500
3130 PRINT AT 9,11;"N";AT 15,11;"S": INV
ERSE 1: GO SUB 1000: INVERSE 0: GO SUB 1
200
3140 FOR f=1 TO 400: NEXT f: INVERSE 1:
GO SUB 1200: INVERSE 0: GO TO 140
5000 DATA 0,-16,-56,0,0,64,56,0,0,-16,-1
6,0,0,4,-28,0,0,-40,28,0,0,4,16,0
9000 SAVE "inducao" LINE 1: VERIFY "indu
cao": STOP
```

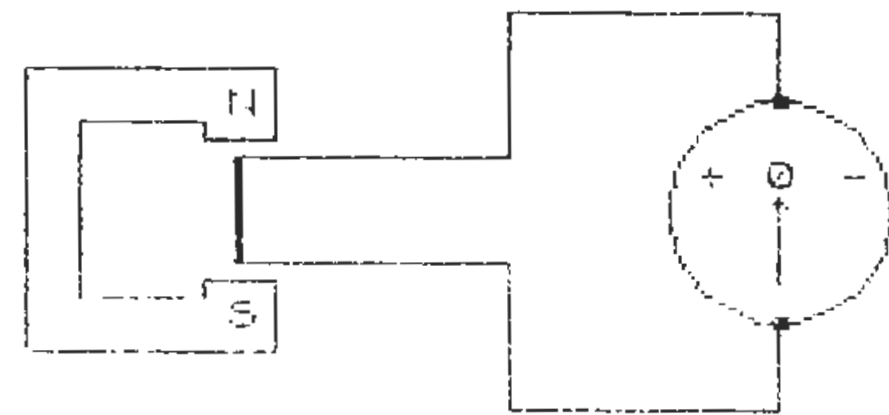
Este programa, excepcionalmente, não utiliza os gráficos «electgraf». Após a introdução das linhas com os habituais cuidados, grave, verifique e arranque com «RUN» ou «GO TO 1». O ecrã mostrará a imagem da figura 14/3 e o leitor poderá movimentar o íman, premindo a tecla «A»:



Figura 14/3

*Geradores rotativos de tensão contínua*

Os geradores rotativos de tensão contínua, vulgarmente conhecidos por «dínamos», têm como princípio de funcionamento o fenómeno da indução electromagnética.

O elemento rotativo do gerador é constituído por uma série de enrolamentos, ou bobinas, montadas sobre uma armadura, em ferro macio, que é atravessada por um veio. Este encontra-se apoiado em rolamentos de esferas ou em moentes de bronze e recebe o movimento de rotação por meio de uma polia aplicada num dos extremos.

São inúmeras as possíveis fontes de energia rotativa aplicáveis a um dínamo; como exemplos, podemos citar as turbinas das barragens hidráulicas, as pás eólicas (movidas pela força do vento), os motores de combustão ou de explosão e os motores eléctricos.

Os enrolamentos da armadura vão ligar-se a um dispositivo denominado «colector», o qual é constituído por múltiplos segmentos metálicos, normalmente em bronze, isolados entre si e formando um cilindro concêntrico ao veio. *O elemento rotativo dos dínamos, formado pela armadura, pelo colector e pelo veio, toma o nome de «induzido».*

Sobre o colector vão apoiar-se as «escovas», normalmente constituídas por um aglomerado de grafite e cujo esforço de fricção sobre o colector é regulado por uma mola.

O elemento fixo dos geradores rotativos de tensão contínua denomina-se «indutor» e pode ser constituído por um electro-íman ou por ímanes permanentes. O indutor tem a forma de um cilindro oco no interior do qual gira o induzido.

Vamos embelezar esta descrição com uma figura, a qual, embora represente um dínamo na sua forma mais simplificada, permitirá ao leitor aperceber-se da posição relativa dos diferentes elementos e, simultaneamente, acompanhar a explicação sobre o seu funcionamento:

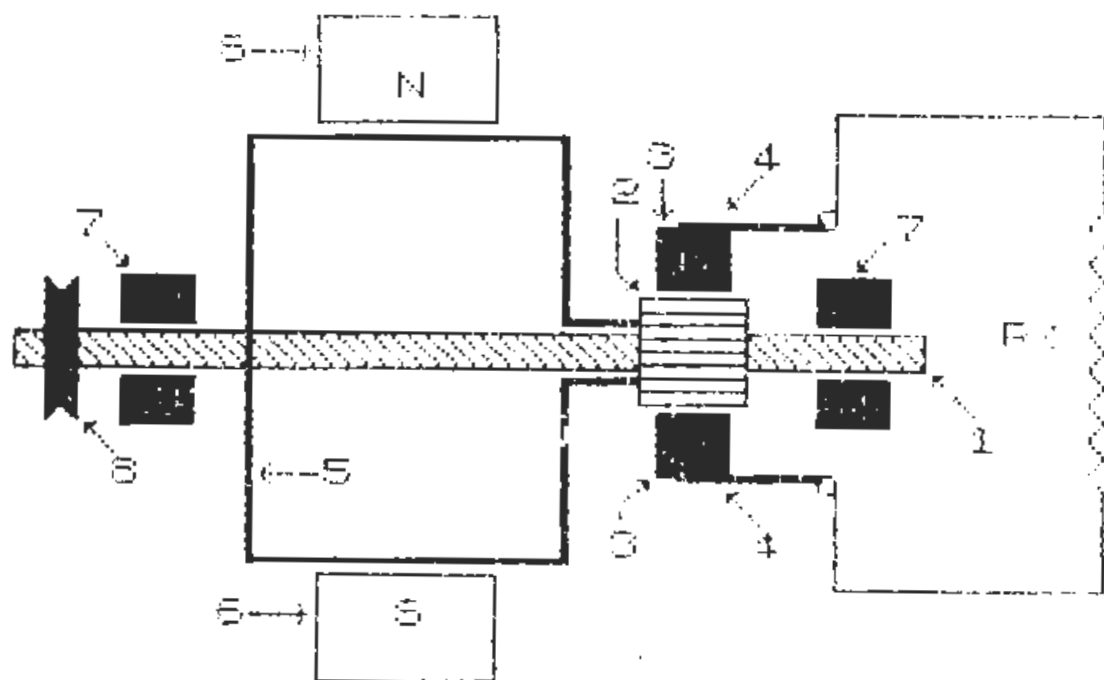



Figura 15/3

*LEGENDA*

1 — Veio do induzido
2 — Colector
3 — Escovas
4 — Molas das escovas
5 — Bobina do induzido
6 — Íman
7 — Moentes de apoio do veio
8 — Polia para recepção do movimento
Rc — Resistência de carga



*Funcionamento do dínamo*

Os conhecimentos que o leitor adquiriu respeitantes à indução electromagnética, facultar-lhe-ão a fácil apreensão das explicações que se seguem:

a) Imagine o induzido em rápida rotação, apoiado nos moentes «7», pela acção, por exemplo, da cambota do motor de uma viatura automóvel. O movimento de rotação da cambota é transmitido à polia do induzido, por uma correia trapezoidal montada entre esta e a polia da cambota.
b) Como atrás referimos, a armadura do induzido é constituída por vários enrolamentos de fio condutor; cada extremo dos enrolamentos vai ligar a um dos segmentos do colector. Deste modo, se tivermos 10 enrolamentos, o nosso colector será constituído por 20 elementos, isolados entre si.

*Motores de indução de tensão contínua*

Os motores de indução, vulgarmente designados por motores eléctricos, possuem, basicamente, os mesmos órgãos dos geradores que acabámos de descrever.

Em princípio, um gerador de tensão contínua pode transformar-se num motor, desde que apliquemos tensão às escovas: o induzido comporta-se como um electro-íman e os seus enrolamentos produzem sucessivos campos magnéticos, com o consequente movimento de rotação da armadura.

*Transformadores de tensão alterna*

Os transformadores de tensão alterna são um dos muitos dispositivos em que a indução electromagnética constitui a base de funcionamento.

Tal como o nome sugere, o transformador «transforma» uma tensão alterna noutra tensão alterna, de valor diferente. Quando a tensão obtida tem valor inferior ao da tensão aplicada, diz-se

que é um transformador «redutor de tensão»; inversamente, se a tensão obtida à saída for superior à tensão de entrada, diz-se que é um transformador «elevador de tensão».

Um transformador pode, ainda, ser «simples» ou «múltiplo», consoante fornece, à saída, um ou vários valores de tensão.

Tais dispositivos estão presentes em inúmeros equipamentos que o leitor bem conhece: o seu gravador possui um transformador que reduz a tensão de 220 V 50 Hz, para 6 ou 8 V; também as nossas conhecidas campainhas trabalham com baixa tensão, o que é conseguido por meio de um transformador.

Praticamente, todos os equipamentos electrónicos de rádio, gravação e reprodução de som ou vídeo, funcionam com tensões muito baixas, pelo que estão equipados com um ou mais transformadores, que permitem a alimentação a partir da rede de 220 V. No caso dos televisores, para além de um transformador redutor, existe um transformador elevador, por meio do qual se obtém uma tensão da ordem dos 12.000 V, necessários ao funcionamento do tubo de vídeo.

Basicamente, um transformador é constituído por dois enrolamentos de fio de cobre isolado, montados sobre uma armadura, normalmente formada por chapas de ferro macio. O enrolamento que recebe a tensão a transformar denomina-se «primário»; o enrolamento de saída da tensão transformada recebe o nome de «secundário».

Vejamos o diagrama simplificado de um transformador:

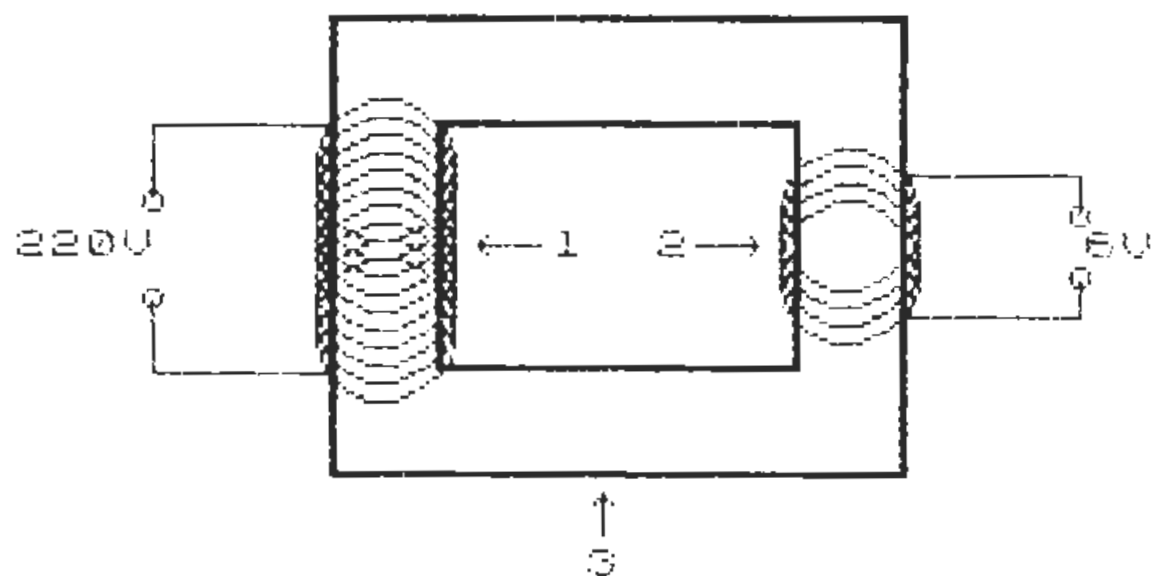



Figura 16/3



A figura 16/3 mostra-nos a armadura «3», sobre a qual se encontram montados o enrolamento primário «1» e o enrolamento secundário «2».

Vejamos, em grandes linhas, o funcionamento do transformador:

a) a tensão de 220 V 50 Hz é aplicada ao primário;
b) a corrente eléctrica ao atravessar o enrolamento, gera um campo magnético, cujas linhas de força se distribuem pela armadura;
c) as linhas de força ao interceptarem o enrolamento secundário, induzem neste uma tensão.

Como o leitor já se apercebeu, tendo em conta o que aprendeu sobre a indução electromagnética, *o transformador só pode funcionar com tensão alterna: não existe movimento relativo entre os enrolamentos e o campo magnético,* mas esse movimento é simulado pela constante inversão da polaridade própria das tensões alternas: *a orientação das linhas de força acompanha a inversão da polaridade e o fenómeno da indução manifesta-se, gerando-se, no secundário, uma tensão com a mesma frequência da tensão aplicada ao primário.*

A relação entre o valor da tensão aplicada ao primário e o valor da tensão obtida no secundário, é dada pela seguinte fórmula:

$$\frac{Vp}{Vs} = \frac{Np}{Ns} \qquad \text{em que,}$$

Vp = tensão aplicada ao primário
Vs = tensão aplicada ao secundário
Np = número de espiras do enrolamento primário
Ns = número de espiras do enrolamento secundário

Deste modo, podemos concluir que existe uma relação directa entre a tensão e o número de espiras dos enrolamentos, a qual também se pode exprimir de outra forma:

$$Rt = Re \qquad \text{em que}$$

Rt = relação entre as tensões
Re = relação entre as espiras

Assim, se quisermos obter uma redução de tensão de 220 V para 10 V, a relação Rt:Re será de 22:1. Vejamos como:

a) Tensão aplicada no primário: 220 V 50 Hz
b) Tensão obtida no secundário: 10 V 50 Hz

$$\text{Relação Rv} = \frac{220}{10} : \text{Rv} = \frac{22}{1} : \text{Rv} = 22 : 1$$

c) Número de espiras no primário : 880 (por hipótese)
d) Número de espiras no secundário: 40

$$\text{Relação Re} = \frac{880}{40} : \text{Re} = \frac{22}{1} : \text{Re} = 22,1$$

Vejamos outro caso:

— Um transformador recebe no primário uma tensão de 220 V 50 Hz, cujo enrolamento tem 500 espiras. O enrolamento secundário possui 100 espiras. Qual será a tensão obtida no secundário?

$$\frac{Vp}{Vs} = \frac{Np}{Ns} : \frac{220}{Vs} = \frac{500}{100} : Vs = \frac{220 \times 100}{500} : Vs = 44 \text{ V}$$

— Calculemos a relação de transformação:

$$Rt = \frac{220}{44} : Rt = \frac{5}{1} : Rt = 5 : 1$$

Vamos complementar esta abordagem aos transformadores, apresentando ao leitor um circuito de aplicação, composto por um transformador múltiplo, alimentado a 220 V 50 Hz e com dois enrolamentos secundários. Vejamos a figura:

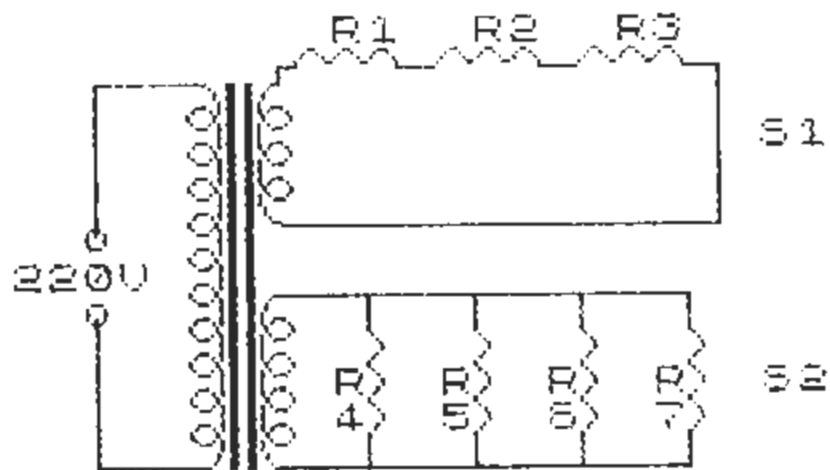



Figura 17/3



Utilizemos a figura 17/3 para propor ao leitor uma revisão da Lei de Ohm, a qual é igualmente aplicável aos circuitos alimentados com tensão alterna, desde que estes sejam puramente «resistivos», ou, por outras palavras, quando as cargas aplicadas funcionem como resistências.

## PROBLEMA C 1.3

Temos, portanto, um circuito alimentado a 220 V 50 Hz, através de um transformador múltiplo, cujo enrolamento primário possui 2000 espiras. Eis os dados relativos ao circuito S1:

— Número de espiras de S1: 200
— R1 = 4 Ω
— R2 = 12 Ω
— R3 = 28 Ω

1 — Calcule a tensão obtida no secundário S1 e os valores das quedas de tensão em cada resistência.

Dados relativos a S2:

— Tensão fornecida por S2 = 110 V 50 Hz
— R4 = 2 Ω
— R5 = 4 Ω
— R6 = 6 Ω
— R7 = 8 Ω

2 — Calcule o número de espiras de S2, a resistência total e a corrente total no circuito.

Como habitualmente, as soluções podem ser encontradas no Apêndice 2.

## CAPÍTULO IV

### 1 — Os condensadores

Basicamente, um condensador é um dispositivo destinado a armazenar cargas eléctricas. Possui, assim, afinidades com as pilhas, embora com uma diferença fundamental: enquanto estas (ou as baterias) permitem o «armazenamento» de grandes volumes de carga eléctrica, embora de baixa tensão, *os condensadores podem ser carregados com cargas de elevada tensão, mas de pequeno valor.*

A constituição dos condensadores é muito simples: duas placas metálicas, separadas ou isoladas por uma camada de ar, ou por um material isolante. Antes de nos alongarmos com a referência aos diferentes tipos e sua aplicação prática, vejamos, primeiramente, as bases do seu funcionamento. Para o efeito, vamos socorrer-nos de um diagrama:

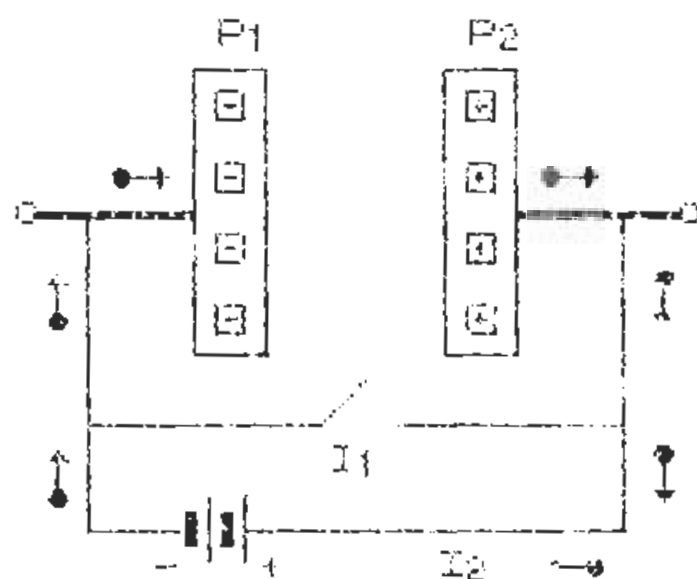



Figura 1/4



A figura 1/4 representa um condensador com «dieléctrico» de ar, constituído por duas placas metálicas «P1-P2», separadas por uma camada de ar. Esta camada de separação, quer seja formada por ar ou por qualquer outra matéria isolante, toma o nome de dieléctrico. Completa o diagrama um circuito composto por um condutor ligando as duas placas, com um interruptor «I1» e um circuito de alimentação, com uma bateria e um interruptor «I2».

Os interruptores estão abertos e o condensador não possui carga: as placas têm o mesmo número de neutrões e protões, pelo que se encontram equilibradas electricamente.

Apliquemos a tensão da bateria às placas do condensador, fechando o interruptor «I2». Os electrões dirigem-se do pólo negativo da bateria para a placa «P1», tornando esta «negativa»; por sua vez, os electrões da placa «P2» são atraídos para o pólo positivo da bateria, ficando a placa «positiva».

Como não existe ligação entre as placas, o movimento dos electrões cessa, *quer o interruptor se mantenha fechado, quer se o abrirmos.* Nesta situação, podemos dizer que o condensador está «carregado», assim se mantendo, enquanto não houver alteração das condições originais (ver Fig. 2/4).

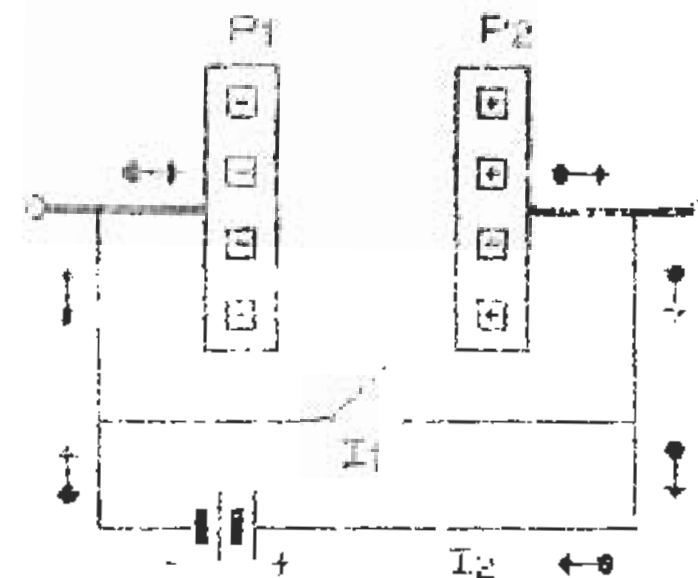



Figura 2/4

Fechemos, agora, o interruptor «I1» (o interruptor «I2» estará aberto): esta acção provocará um «curto-circuito» entre as placas

«P1-P2» e, como o leitor já previa, verificar-se-á *um fluxo de electrões no sentido inverso, ou seja, da placa «P1» para a placa «P2», até as cargas estarem, de novo, equilibradas (ver Fig. 3/4).*

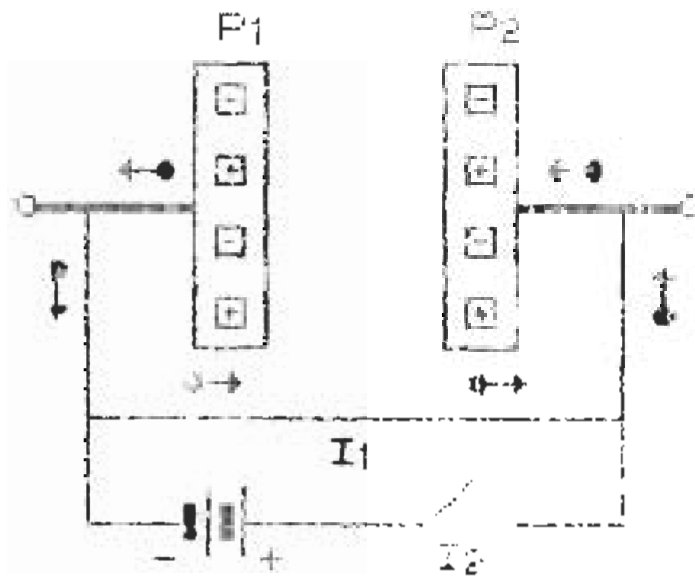



Figura 3/4

Temos estado a observar o comportamento dos condensadores quando lhes é aplicada uma tensão contínua: *o fluxo da corrente é instantâneo e cessa logo que o condensador atinge a sua máxima carga.*

No caso de uma tensão alterna, dado que esta inverte constantemente a sua polaridade, *o processo de «carga» e «descarga» é contínuo, enquanto a tensão estiver aplicada.* Passa-se algo semelhante ao que o leitor observou nos transformadores, em que a tensão alterna «simulava» o movimento relativo entre o campo magnético e as bobinas.

Nos condensadores, a tensão alterna «simula» o fecho e a abertura dos interruptores «I1» e «I2», os quais «carregam» e «descarregam», respectivamente, o condensador.

Deste facto podemos deduzir uma importante característica dos condensadores: *estes permitem a passagem das correntes alternas e impedem a passagem das correntes contínuas.* Esta característica, como veremos adiante, torna o condensador um componente de extrema importância nos circuitos electrónicos, razão pela qual o leitor verá dezenas destes simpáticos componentes, se tiver a oportunidade de «espreitar» o interior do seu gravador ou do seu amplificador de som.



A quantidade de carga que um condensador pode armazenar, determina a sua «capacidade», cujo símbolo é o FARAD. Defeniremos um FARAD *como a capacidade de armazenar uma carga de 1 COULOMB, para uma tensão de 1 VOLT.*

Do que depende, então, a capacidade de um condensador? De três grandezas, a saber:

a) da superfície das placas;
b) da distância entre as placas;
c) da constante dieléctrica do material separador.

Os condensadores utilizados nos circuitos electrónicos possuem, normalmente, capacidades muito baixas; a expressão da sua grandeza, por este motivo, é feita com recurso aos prefixos adoptados internacionalmente (ver rubrica 4.1).

Estes condensadores são designados consoante a natureza do seu dieléctrico. Deste modo, encontramos condensadores de papel, de cerâmica ou de mica e, ainda, os condensadores electrolíticos, especialmente concebidos para capacidades elevadas, que podem atingir cerca de 1000 $\mu$F. A sua configuração clássica é a de um cilindro, com um condutor ou eléctrodo de ligação, em cada topo.

Temos vindo a falar dos condensadores fixos, cuja capacidade é atribuída no fabrico e não pode ser modificada. Tal como as resistências, os condensadores podem ser variáveis, existindo dois tipos:

a) Os condensadores variáveis de placas de alumínio, em que um conjunto de placas paralelas ligadas a um eixo assimétrico, pode ser, mais ou menos introduzido, num outro conjunto de placas fixas. Estes condensadores são frequentemente utilizados na sintonia dos receptores de rádio. Quando o leitor procura uma estação, rodando o comando de sintonia do seu receptor, está a actuar sobre o eixo das placas móveis de um condensador variável, cujo dieléctrico é o ar.
b) Os condensadores variáveis de mica, em que o afastamento das placas é comandado por um parafuso de ajustamento. Estes condensadores ajustáveis são vulgarmente conhecidos por «*trimmers*», permitindo pequenas variações de capacidade.

Como complemento desta informação genérica, segue-se um quadro indicativo das gramas de capacidade usualmente encontradas:

| Material do dieléctrico | Construção | Gama de capacidades | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| AR | Placas rotativas | 10 | a | 400 | pF |
| MICA | Placas sobrepostas | 10 | a | 5000 | pF |
| PAPEL | Folhas enroladas | 0,001 | a | 1 | μF |
| CERÂMICA | Cilíndrico | 0,5 | a | 1600 | pF |
| | Disco | 0,002 | a | 0,1 | μF |
| ELECTROLÍTICO | Alumínio | 5 | a | 1000 | μF |
| | Tântalo | 0,01 | a | 300 | μF |

## 2 — Associação de condensadores

Tal como as resistências, os condensadores podem ser associados, de forma a poderem ser obtidos diferentes valores de capacidade total, ou a permitir tensões de trabalho superiores à tensão individual.

Qualquer condensador possui um valor de tensão máxima de trabalho, o qual, se for ultrapassado, conduz à perfuração do dieléctrico e, consequentemente, à inutilização do condensador. O valor desta tensão, bem como a capacidade, encontram-se indicados no corpo do condensador.

### *Associação em paralelo*

A associação de condensadores em paralelo proporciona um valor de capacidade total «Ct» que é igual à soma dos valores de cada condensador:

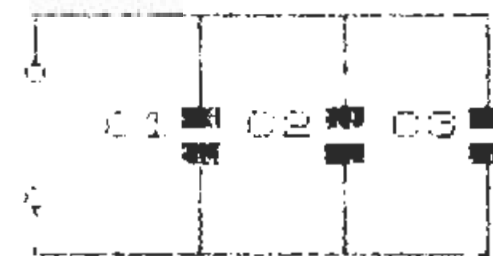
$$Ct = C1 + C2 + C3 \dots + Cn$$



Figura 4/4

Se os condensadores da figura 4/4 tiverem, respectivamente, os valores de:

$C1 = 0{,}1 \ \mu F$
$C2 = 2 \ \mu F$
$C3 = 0{,}01 \ \mu F$

a capacidade total da associação será de:

$$Ct = C1 + C2 + C3 : Ct = 0{,}1 + 2 + 0{,}01 : Ct = 2{,}11 \ \mu F$$

Tratando-se de uma associação em paralelo, a tensão máxima admissível será a do valor mais baixo dos condensadores aplicados.

### *Associação em série*

A capacidade total de uma associação em série é igual ao inverso da soma das diferentes capacidades:

$$\frac{1}{Ct} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \dots \frac{1}{Cn}$$

Figura 5/4

Atribuamos valores aos condensadores da figura 5/4 e calculemos a capacidade total:

C1 = 3 μF
C2 = 6 μF
C3 = 10 μF

$$\frac{1}{Ct} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{10} : Ct = 1{,}7\ \mu\ F$$

Se a tensão de trabalho de cada condensador for de 50 V, a tensão máxima aplicável à associação será de:

50 x 3 = 150 V



## APÊNDICE 1

| GRAFICO | CARACTER | CODIGO |
|---|---|---|
| | | 32 |
| ⊞ | ! | 33 |
| " | " | 34 |
| ⌒ | # | 35 |
| ⌣ | $ | 36 |
| ⏚ | % | 37 |
| ⊟ | & | 38 |
| ' | ' | 39 |
| ▔▗ | ( | 40 |
| ▔▖ | ) | 41 |
| 6 | * | 42 |
| 1,5 | + | 43 |
| , | , | 44 |
| − | − | 45 |
| . | . | 46 |

| | | |
|---|---|---|
| 40 | / | 47 |
| _ | 0 | 48 |
| ▬ | 1 | 49 |
| - | 2 | 50 |
| - | 3 | 51 |
| ▬ | 4 | 52 |
| - | 5 | 53 |
| ı | 6 | 54 |
| ▌ | 7 | 55 |
| ' | 8 | 56 |
| < | 9 | 57 |
| | : | 58 |
| | ; | 59 |
| | < | 60 |
| | = | 61 |
| > | > | 62 |
| | ? | 63 |
| 10 | @ | 64 |
| 11 | A | 65 |
| 12 | B | 66 |
| 13 | C | 67 |
| 14 | D | 68 |
| 15 | E | 69 |
| 16 | F | 70 |
| 17 | G | 71 |
| 18 | H | 72 |



| | | |
|---|---|---|
| 19 | I | 73 |
| 20 | J | 74 |
| " | K | 75 |
| α | L | 76 |
| Ω | M | 77 |
| ● | N | 78 |
| ⊙ | O | 79 |
| • | P | 80 |
| | Q | 81 |
| → | R | 82 |
| ← | S | 83 |
| | T | 84 |
| | U | 85 |
| ↓ | V | 86 |
| | W | 87 |
| | X | 88 |
| | Y | 89 |
| | Z | 90 |
| ↑ | [ | 91 |
| | \ | 92 |
| | ] | 93 |
| | ↑ | 94 |
| | _ | 95 |
| | £ | 96 |
| | a | 97 |

| | | |
|---|---|---|
| • | t | 116 |
| / | u | 117 |
| ✓ | v | 118 |
| ‹ | w | 119 |
| ⌄ | x | 120 |
| π | y | 121 |
| 8 | z | 122 |
| { | { | 123 |
| \| | \| | 124 |
| } | } | 125 |
| ~ | ~ | 126 |
| ◣ | © | 127 |



| CODIGO | DECIMAIS |
|---|---|

32...0,0,0,0,0,0,0,0
33...0,254,130,146,186,146,130,254
34...0,36,36,0,0,0,0,0
35...24,60,102,195,129,0,0,0
36...0,0,0,0,135,204,120,48
37...0,255,0,126,0,60,0,24
38...0,254,130,130,186,130,130,254
39...0,8,16,0,0,0,0,0
40...0,255,0,0,15,15,15,0
41...0,255,0,0,240,240,240,0
42...0,96,128,128,224,144,144,96
43...71,196,70,65,69,87,16,0
44...0,0,0,0,0,8,8,16
45...0,0,0,0,62,0,0,0
46...0,0,0,0,0,24,24,0
47...0,38,105,169,233,41,38,0
48...0,0,0,0,0,0,15,0
49...0,255,255,255,0,0,255,0
50...0,0,0,0,0,0,240,0
51...0,15,0,0,0,0,0,0
52...0,255,0,0,255,255,255,0
53...0,240,0,0,0,0,0,0
54...0,0,0,0,2,2,2,2
55...114,114,114,114,114,114,114,114
56...2,2,2,2,0,0,0,0
57...16,32,64,128,128,64,32,16
58...0,15,24,48,33,34,36,36
59...0,240,24,12,132,68,36,36

CODIGO DECIMAIS

60...36,36,34,33,48,24,15,0
61...36,36,68,132,12,24,240,0
62...0,0,16,8,4,8,16,0
63...60,66,129,153,165,165,165,165
64...0,38,105,41,41,41,41,38
65...0,36,108,36,36,36,36,36
66...0,38,105,33,34,36,40,47
67...0,78,193,70,66,65,65,78
68...0,66,198,74,95,66,66,66
69...0,79,72,200,78,65,65,78
70...0,70,200,72,78,73,73,70
71...0,79,193,66,68,68,68,68
72...0,70,201,73,70,73,73,70
73...0,70,201,73,71,65,66,68
74...0,70,169,41,73,137,137,230
75...0,0,36,36,36,36,0,0
76...0,49,74,132,132,74,51,1
77...0,60,102,66,66,36,231,0
78...60,126,255,255,255,255,126,60
79...60,66,129,153,153,129,66,60
80...0,0,24,60,60,24,0,0
81...0,0,48,120,127,120,48,0
82...0,0,16,24,252,24,16,0
83...0,0,8,24,63,24,8,0
84...0,0,12,30,254,30,12,0
85...0,28,62,62,28,8,8,8
86...8,8,8,62,28,8,0,0
87...1,18,28,28,30,0,0,0
88...0,0,24,60,60,56,64,128
89...0,0,0,120,56,56,72,128
90...1,2,28,60,60,24,0,0
91...0,0,8,28,62,8,8,8
92...8,8,8,28,62,62,28,0
93...0,0,0,30,28,28,18,1



CODIGO DECIMAIS

94...128,64,56,60,60,24,0,0
95...0,0,24,60,60,28,2,1
96...0,0,0,68,68,68,68,69
97...70,120,64,64,0,0,0,0
98...128,64,32,16,16,32,64,128
99...24,36,66,129,0,0,0,0
100...24,32,64,64,128,156,162,65
101...65,162,156,128,128,156,162,65
102...65,162,156,128,64,64,32,24
103...24,4,2,2,1,57,69,130
104...130,69,57,1,1,57,69,130
105...130,69,57,1,2,2,4,24
106...0,0,64,192,64,64,64,64
107...0,0,96,144,16,96,128,240
108...0,0,96,144,32,16,144,96
109...0,0,16,48,80,112,16,16
110...0,0,224,128,192,32,32,192
111...0,0,1,3,3,1,0,0
112...0,0,128,192,192,128,0,0
113...60,24,0,0,0,0,0,0
114...0,0,0,0,0,0,24,60
115...0,0,0,96,240,240,96,0
116...0,0,0,6,15,15,6,0
117...0,7,12,24,48,32,0,0
118...0,0,130,134,140,216,112,0
119...1,2,4,8,8,4,2,1
120...0,0,0,0,129,66,36,24
121...0,126,36,36,36,36,0,0
122...0,0,96,144,96,144,144,96
123...0,14,8,48,8,8,14,0
124...0,8,8,8,8,8,8,0
125...0,112,16,12,16,16,112,0
126...0,20,40,0,0,0,0,0
127...128,72,56,56,120,0,0,0

## APÊNDICE 2

*SOLUÇÕES DOS PROBLEMAS*

PROBLEMAS C 2

1 — 6 A
2 — 0,5 A ou 500 mA
3 — 220 V
4 — 22 A
5 — 26$50
6 — I = 0,68 A — 14$40
7 — R = 220 Ω
8 — It = 3,6 A — Rt = 6,7 Ω
9 — R2 = 20 Ω — I1 = 22 A — I2 = 11 A
10 — V = 220 — I1 = 110 A — I2 = 11 A
11 — V = 240 — V1 = 120 V
12 — Rt = 11,67 Ω — Vt = 70 V
13 — V1 = 4 — V2 = 8 — V3 = 4 — V4 = 8 — V5 = = 6 — V6 = 4 — V7 = 2
14 — Rt = 35,45 Ω — It = 0,34 A — V8 = 3,4 — V9 = = 6,8 — V1 = 1,8

PROBLEMAS C 3

1 — VS1 = 22 V — V1 = 2 — V2 = 6 — V3 = 14
2 — Espiras em S2 = 1000 — Rt = 0,96 Ω — It = 114,6 A



## ÍNDICE

## CAPÍTULO II







## CAPÍTULO III



## CAPÍTULO IV